



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**Facultad de Tecnología de la Construcción**

**Tesina**

**"DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO RÍGIDO APLICANDO EL  
MÉTODO PORTLAND CEMENT ASSOCIATION (PCA) DEL TRAMO DE  
CARRETERA EL JICARAL – SANTA ROSA DEL PEÑON, LEON -  
NICARAGUA".**

Para optar al título de ingeniero civil

**Elaborado por**

Br. Alfonso Alexander Montiel López  
Br. Miguel de Jesús Hernández Sotelo

**Tutor**

Ing. Israel Morales

Managua, Mayo 2016

*Dedicatoria y Agradecimiento.*

*Doy gracias a Dios, por haberme proporcionado la salud y el conocimiento para poder culminar mis estudios, ya que era uno de mis sueños, ser un profesional y servir a la sociedad.*

*A mis padres Alfonso Jacinto Montiel Oviedo y María Asunción López Blanco, por el apoyo incondicional que me brindaron, que me dieron el ejemplo de perseverancia y deseo de superación, preparándome día a día para recorrer este camino haciendo a un lado las adversidades y sobresaliendo el espíritu emprendedor, la calidad humana y laboral.*

*A mi esposa Joselyn García, a mi abuela María de la Cruz Mercado y a mis hermanos, como ejemplo de convivencia social hemos aprendido a luchar por lo que nos proponemos y que nos ha servido de reflexión para saber que el mejor camino es del que se esfuerza.*

*A toda mi familia, amistades y profesores que me han apoyado para ser mejor cada día.*

*A mi compañero Miguel de Jesús Hernández, por habernos esforzados como equipo de trabajo a través de este tiempo hasta culminar.*

*A nuestro tutor Ingeniero Israel Morales por sus conocimientos y paciencia en brindar su valioso tiempo en la etapa de la culminación de nuestro estudio.*

**Alfonso Alexander Montiel López.**

*Dedicatoria y Agradecimiento.*

*Doy gracias infinitas a Dios porque me ha permitido llegar hasta esta oportunidad de poder ver realizado este gran anhelo de ser una mejor persona en la vida gracias a la preparación profesional que he recibido.*

*A mis padres Miguel de Jesús Hernández Porras y Genoveva del Rosario Sotelo Reyes, por ser el principal pilar de apoyo en mi preparación, forjando ejemplos de perseverancia y esfuerzo en todo este difícil caminar pero que con su incondicional motivación y sus constantes oraciones he podido lograr llegar a la meta.*

*A toda mi familia y amistades cercanos que supieron alentarme en momentos de dificultad.*

*A mi compañero Alfonso Montiel López, por habernos esforzados como equipo de trabajo a través de este tiempo hasta culminar.*

*A nuestro tutor Ingeniero Israel Morales por sus conocimientos y paciencia en brindar su valioso tiempo en la etapa de la culminación de nuestro estudio.*

***Miguel de Jesús Hernández Sotelo.***

## ➤ RESUMEN EJECUTIVO

El presente documento fue elaborado con la finalidad de realizar el diseño de pavimento rígido para el tramo “EL JICARAL-SANTA ROSA DEL PEÑON”, dicho tramo y la información correspondiente a éste, fue obtenida en la división de los módulos comunitarios del Banco Mundial, perteneciente al Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI).

Se eligió la alternativa de pavimento rígido debido a que hoy en día este tipo de superficie de rodamiento está siendo usado con más frecuencia en la actualidad, ya que ofrece diversas ventajas en su construcción y mantenimiento, de igual manera se consideró esta opción debido a la notable susceptibilidad del pavimento flexible a las consideraciones del suelo y clima que se presentan en la zona, y en vista que los requerimientos para un pavimento rígido son mínimo en cuanto a calidad de suelo se refiere y por sus altos valores de resistencias en comparación al pavimento flexible.

Los parámetros y consideraciones necesarias para el diseño del pavimento rígido, son determinados mediante estudios de suelos y estudios de tránsito que fueron recientemente elaborados en este tramo por la firma consultora LAMSA INGENIEROS CONSULTORES, la cual prestó sus servicios al Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI).

En el Primer capítulo, denominado Estudio de suelos, se efectúa el análisis del estudio de suelos realizados por la firma consultora LAMSA INGENIEROS CONSULTORES, con el cual se logra describir la estratigrafía del tramo en estudio conociendo el tipo de suelo y características del mismo. Además en este capítulo se definen las especificaciones de los principales materiales que son utilizados en la construcción de pavimentos rígido, basados en la especificaciones técnicas establecidas en nuestro país.

El segundo capítulo es denominado Estudio del Tránsito, se inicia definiendo los términos y factores que son utilizados en el desarrollo de este capítulo y posteriormente se calculan los datos iniciales del tránsito, partiendo de los datos de flujo vehicular, obtenidos mediante el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI), mediante los servicios de la firma consultora LAMSA INGENIEROS

CONSULTORES, S.A. en el año 2012, proyectándolos al año 2015, el cual será el año base para el presente trabajo, determinándose así los datos base para el diseño.

Con los datos del tráfico ya definidos se procede al cálculo de las repeticiones esperadas con los parámetros necesarios obtenidos con anterioridad, dando como resultado las tablas de repeticiones esperadas para ejes sencillos y ejes dobles, las cuales son de utilidad para el posterior cálculo de espesor de losa.

En el tercer capítulo, Diseño de espesor de losa de pavimento rígido, se define el método de la PCA, los parámetros y consideraciones de diseño que se utilizan para llevar a cabo la determinación del espesor de losa. Se determinarán los valores de CBR de diseño de la sub-rasante, para los percentiles de resistencia de 60, 75 y 87.5% mediante los valores de CBR obtenidos del estudio de suelo, posteriormente se determinan los valores del Módulo de Resistencia del Concreto  $k$  con cada valor de CBR, por medio del gráfico de correlación aproximada entre las clasificaciones del suelo y sus valores de resistencia. Se efectúa el cálculo del espesor de losa introduciendo los valores de  $k$  y demás datos requeridos por el formato establecido por la PCA, obteniendo así el espesor de losa requerido para el tramo "EL JICARAL-SANTA ROSA DEL PEÑON".

| <b>CONTENIDO</b>                           | <b>PAG.</b> |
|--|-------------|
| <b><u>Capítulo I</u></b>                   |             |
| Introducción.....                          | 01          |
| Antecedente.....                           | 02          |
| Localización.....                          | 03          |
| Descripción del proyecto.....              | 06          |
| Geomorfología.....                         | 07          |
| Clima.....                                 | 07          |
| Cuencas hidrográficas.....                 | 07          |
| Justificación.....                         | 08          |
| Objetivos.....                             | 09          |
| <b><u>Capítulo II</u></b>                  |             |
| Estudio de Suelo.....                      | 10          |
| Investigación de campo y laboratorio.....  | 10          |
| Cálculo de C.B.R de diseño.....            | 13          |
| Banco de Materiales.....                   | 14          |
| <b><u>Capítulo III</u></b>                 |             |
| Estudio de tránsito.....                   | 20          |
| Información existente.....                 | 21          |
| TPDA Histórico.....                        | 22          |
| Datos de conteo vehicular.....             | 23          |
| Indicadores económicos.....                | 28          |
| Producto interno bruto.....                | 28          |
| Consumo de combustible.....                | 29          |
| Crecimiento poblacional del municipio..... | 30          |
| Economía Municipal.....                    | 31          |
| Tasa de crecimiento.....                   | 32          |

|   |    |
|---|----|
| Proyección de tráfico.....                                  | 35 |
| Tráfico Actual.....   | 35 |
| Tráfico Futuro.....   | 36 |
| Tráfico Normal.....   | 36 |
| Tráfico Generado.....                                       | 38 |
| Tráfico Atraído.....  | 39 |
| Tráfico Total.....  | 40 |
| Clasificación funcional del tramo de carretera.....         | 41 |
| Periodo de diseño.....                                      | 41 |
| Número de repeticiones esperadas.....                       | 42 |
| Cálculo de Repeticiones Esperadas.....                      | 44 |
| Cálculo de peso por eje y factor de seguridad de carga..... | 45 |

#### **Capítulo IV**

|  |    |
|--|----|
| Diseño de espesores de pavimentos.....     | 47 |
| Factores de Diseño.....                    | 48 |
| Resistencia a la Flexión del Concreto..... | 48 |
| Terreno de Apoyo.....                      | 48 |
| Tipo de juntas.....                        | 49 |
| Hombros.....                               | 50 |
| Procedimiento de diseño.....               | 50 |
| Análisis por fatiga.....                   | 52 |
| Análisis por erosión.....                  | 53 |
| Resultados.....                            | 54 |
| Modulación de losa.....                    | 55 |
| Corte de juntas en el concreto.....        | 57 |
| Sellado de juntas.....                     | 58 |
| Conclusiones.....                          | 59 |
| Recomendaciones.....                       | 62 |
| Bibliografía.....                          | 64 |

## ➤ CAPITULO I

### • INTRODUCCION

El proyecto en estudio corresponde al tramo de carretera **“El Jicaral – Santa Rosa del Peñón”** que comprende una longitud de 10 km, ubicado en el departamento de León, Nicaragua.

La zona donde se localiza este tramo es parte importante en la economía nacional, ya que en este lugar existe una fuerte y considerable producción agropecuaria cuya principal actividad económica es el cultivo de frijol, maíz, millón y sorgo en su mayor parte del territorio y además la extracción de yeso también aporta a la economía local y nacional.

El camino está clasificado como una vía de todo tiempo. Sin embargo, en algunos sectores de su trayectoria presenta, tanto en invierno como en verano, situaciones físicas en su estructura que dificultan la circulación fluida del tráfico.

Con la presente tesina se pretende diseñar el espesor de pavimento utilizando el método PCA. Los lineamientos generales del método del Portland Cement Association (PCA), que sustentan el diseño de pavimento rígido son los siguientes:

- a) La Resistencia a la Flexión del Concreto.
- b) El terreno de Apoyo o Base.
- c) El Periodo de Diseño.
- d) Número de Repeticiones Esperadas.

Con estos datos de diseño es posible obtener los esfuerzos y deflexiones críticas a las que el concreto está sometido dados por los criterios de fatiga y erosión.



- **ANTECEDENTES**

Las autoridades correspondientes, año con año, cumplen la obligación de dar mantenimiento rutinario a esta ruta de movimiento productivo, para mejorar las condiciones de transportación de los productos de la zona y para que la población tenga accesibilidad en tiempos de lluvia.

En gran parte de su longitud la superficie de rodamiento está compuesta por materiales rocosos, que han sido utilizados en las diversas obras de mantenimiento, lo que permite un mejoramiento parcial del camino en cierto tiempo, pero que de igual manera se deteriora rápidamente por los factores climáticos junto con el efecto del tráfico en la vía.

Se evidenció el mal estado de la carretera, lo cual tiene como efecto inmediato y a mediano plazo las limitaciones de la población urbana y suburbana para desempeñar sus labores socioeconómicas con más efectividad, de igual manera y por la misma razón la producción agropecuaria se ve afectada en la comercialización de la misma debido al mal estado de los accesos.

- **LOCALIZACION Y UBICACIÓN DEL PROYECTO**

El proyecto se localiza en el departamento de León, el tramo en estudio se ubica entre los municipios del Jicaral y Santa Rosa del Peñón, el tramo en estudio inicia en las coordenadas 1407486.287 N, 567411.398 E y finaliza en las coordenadas 1415236.863 N, 568522.766 E. La cabecera municipal del Jicaral se localiza a 162 Km de la ciudad capital, Managua; al norte con el Municipio de Santa Rosa del Peñón, al sur con el Lago de Managua, al este: Municipios de Ciudad Darío y San Isidro (Departamento de Matagalpa) y San Francisco Libre (Departamento de Managua) y al oeste con el Municipio de Larreynaga y El Sauce.

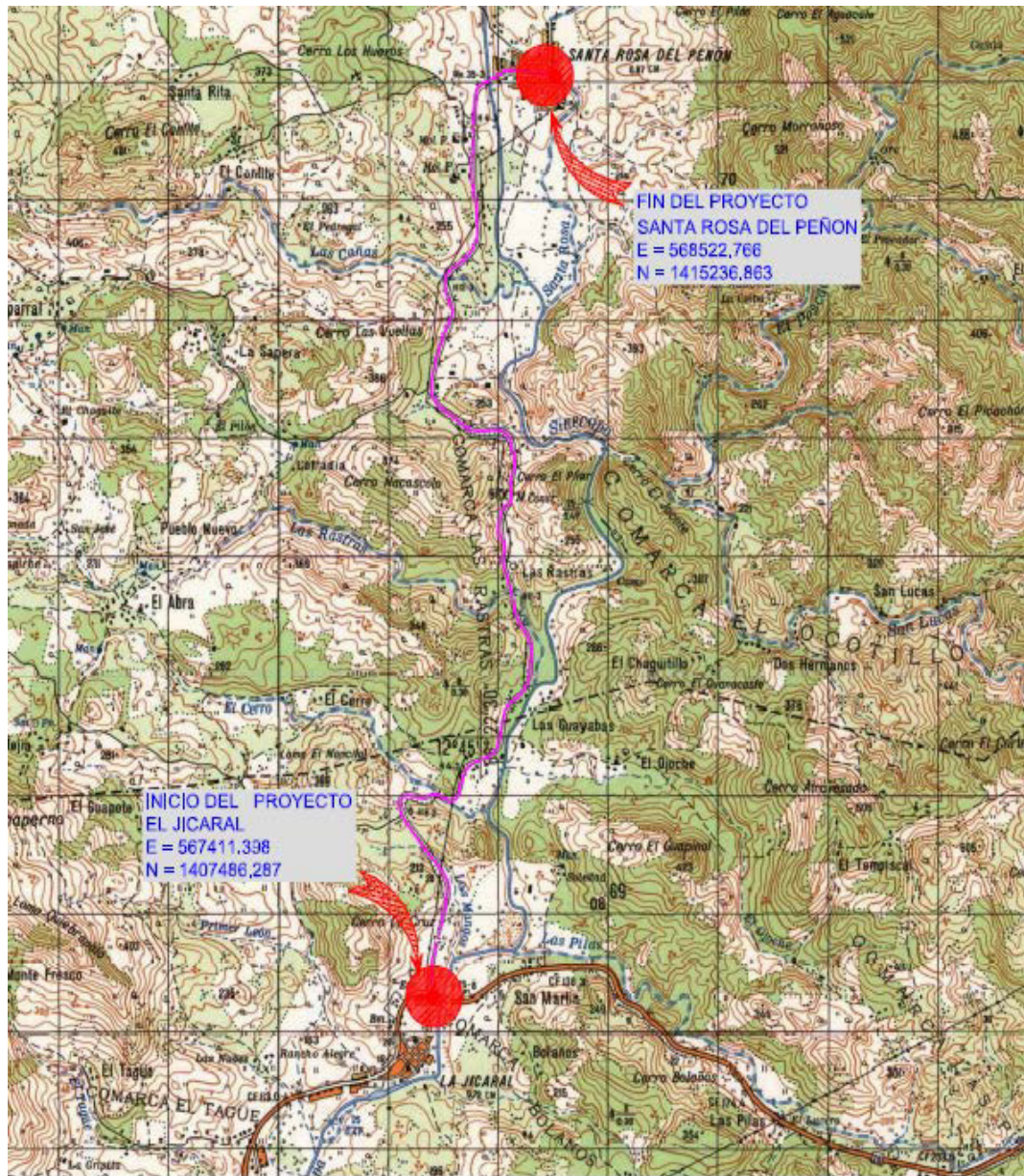
La cabecera municipal de Santa Rosa del Peñón se localiza a 172.6 km de la capital Managua y limita al norte con el municipio de San Nicolás (Departamento de Estelí), al sur con el municipio de El Jicaral (Departamento de León), al este con el municipio de San Isidro (Departamento de Matagalpa) y al oeste con el municipio de El Sauce (Departamento de León).

- MAPA DE MACROLOCALIZACION





- **MAPA DE MICROLOCALIZACION**



- **DESCRIPCION DEL PROYECTO**

El Proyecto consiste en analizar los suelos existentes y tráfico que circula por la vía, para la determinación de un espesor de losa de concreto para el tramo de carretera EL JICARAL-SANTA ROSA DEL PEÑON, que corresponden al departamento de León, teniendo una longitud de 10 km.

La ubicación de las estaciones para el levantamiento de datos, se hizo tomando en cuenta el trazado de la vía, la existencia de caseríos y los puntos de concurrencias de tráfico que se intersectan con la ruta.

Para determinar el espesor de la losa de concreto, preliminarmente se deben determinar dos parámetros importantes de diseño tales como el C.B.R de diseño y las repeticiones esperadas, tales requerimientos se obtendrán del estudio de suelo y estudio de tráfico respectivamente, cabe mencionar que también existen otros parámetros importantes para el diseño, que en el presente estudio serán debidamente mostrados en los capítulos posteriores.

La construcción de esta carretera brindará en un plazo inmediato posterior a su culminación, un aumento en la economía local, ya que los costos de operación de los usuarios disminuirán considerablemente, y la comercialización de los productos de la zona se verán afectados de manera positiva en un aumento de comercialización y optimización de tiempos en distribución de los productos, los servicios básicos estarán más accesibles a los pobladores del área de influencia.

- **GEOMORFOLOGIA**

En este tramo los fenómenos geológicos más evidentes son las posibles zonas de fallas con derrumbes e inundaciones y el efecto de la erosión de los flujos de aguas que bajan de los cerros cercanos a la vía.

La topografía donde se traza este camino es predominantemente sinuosa, puesto que se localiza en una zona montañosa, aunque los tramos que presentan una pendiente que se podría calificar de fuertes son pocos, y además son de corta longitud.

Respecto al trazado horizontal esta vía la forman muchas curvas, sin embargo, es importante mencionar que durante la construcción no habrá tantos problemas en poder aprovechar el camino existente, lo que favorece al desarrollo constructivo del proyecto.

- **CLIMA**

Las condiciones climáticas son desfavorables en la época de primera debido a lluvias irregulares y la presencia de un período canicular prolongado (Mayor de 30 días sin lluvias o menores de 5 mm/día); pero bien distribuidas en la época de postrera; la precipitación media anual varía de 1,000 a 1,200 mm, y la temperatura media anual es de 28°C.

- **CUENCAS HIDROGRAFICAS**

Los ríos que forman la red hidrográfica en el área de influencia directa e indirecta del proyecto son: Río Sinecapa, Río Guacalpisque, Quebrada Las Piñuelas, Quebrada El Charco, El Quebrachal, La Majada, El Pescadero, Río Viejo y Río Las Cañas, los cuales desembocan en el lago de Managua.

Los diferentes tipos de recursos hídricos que posee la cuenca están destinados principalmente, al consumo humano y la agricultura de la cual el frijol rojo es el producto más importante y hace del municipio el mayor productor del departamento, se cultiva para el consumo local y la comercialización externa.

- **JUSTIFICACION**

Los poblados y comarcas que se sitúan en el área de influencia directa e indirecta del camino han tenido como una variante negativa, la falta de accesibilidad a los centros agrícolas y a los servicios básicos por la carencia de un buen sistema de carreteras.

Del mismo modo dificulta la implementación de programas educativos y de salud, así como el no acceder a los programas de financiamiento a la producción, la asistencia técnica y una mejor comercialización de los productos agropecuarios.

Este camino es importante porque la mayoría de esta población se dedica a la actividad agropecuaria y a la producción de yeso, tienen dificultades en trasladarse entre comunidades y comercializar su producción a mejores precios dado que actualmente lo hacen por medio de intermediarios. También son bastante limitados los servicios de salud, saneamiento ambiental y educación, debido a las dificultades de transporte, ya que la oferta de este servicio no se ve estimulada a ser aumentada debido a las malas condiciones del camino que ocasiona pérdida de tiempo y altos costos de operación de los vehículos.

La construcción de un proyecto similar al que estamos estudiando traerá más beneficios a la población y contribuirá al desarrollo socioeconómico de la zona.

- **OBJETIVOS**
- **OBJETIVO GENERAL**

Diseñar la estructura de pavimento rígido aplicando el método Portland Cement Association (PCA). del tramo de carretera “El Jicaral – Santa Rosa del Peñón”.

- **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

Efectuar un análisis de los estudios de suelo correspondiente al tramo El Jicaral - Santa Rosa del Peñón, lo que nos permita determinar el CBR de diseño y de los bancos de materiales.

- Realizar un análisis vehicular, lo que nos permitirá calcular el volumen del tráfico que circula por la vía, y a la vez calcular el número de repeticiones esperadas.
- Determinar el espesor necesario de la estructura de pavimento rígido utilizando el método PCA.



## ➤ **CAPITULO II: ESTUDIO DE SUELO**

Para diseñar el espesor de pavimento del tramo de carretera en estudio se requiere de la evaluación de las características de los materiales que conforman el suelo en donde se cimentara la estructura de pavimento, con el fin de contar con la información básica necesaria para determinar los espesores a colocar a lo largo de la vía.

El estudio geotécnico consiste en realizar las investigaciones correspondientes para reconocer las condiciones de los tipos de suelos existentes en el sitio, así como de las posibles fuentes o bancos de materiales disponibles en la zona, de manera que por sus propiedades y características permitan determinar su posible uso.

### **• INVESTIGACIONES DE CAMPO Y LABORATORIO**

En toda la línea del proyecto se realizaron un total de ciento un (101) sondeos manuales, en el tramo “EL JICARAL-SANTA ROSA DEL PEÑON”, con profundidades máximas de 1.5 metros. La ubicación de los sondeos fue a cada 100 metros, alternadamente al centro, izquierda y derecha de la carretera.

El muestreo de los sondeos se hizo con posteadora y barra, clasificándose el material preliminarmente en el sitio, de manera visual y al tacto, seleccionándose un total de ciento sesenta y nueve (169) muestras, las cuales luego fueron trasladadas al laboratorio para su clasificación definitiva. Finalmente con las muestras clasificadas se aplicaron ensayos de penetración CBR, necesarios para el diseño.

Las muestras obtenidas de los suelos y materiales recobrados se almacenaron y rotularon adecuadamente indicando el número de muestra e identificación de campo, el estacionamiento, ubicación correspondiente al centro, derecha, o izquierda de la línea central de la carretera, profundidad a que fue extraída, y la fecha para su remisión y transporte a los laboratorios centrales de LAMSA en Managua donde se practicaron los ensayos correspondientes para obtener la clasificación definitiva del material. Todo el estudio geotécnico fue realizado por la Empresa consultora LAMSA.

Los ensayos realizados en el laboratorio son los siguientes:

**TABLA No. 1: ENSAYOS APLICADOS A LAS MUESTRAS DE SUELOS EN LABORATORIO.**

| Nº | Prueba                                  | Ensayo o Norma ASTM o AASHTO |
|----|---|------------------------------|
| 1  | Análisis Granulométrico                 | ASTM D-422 o AASHTO T-88     |
| 2  | Límite Líquido                          | ASTM D-4318 o AASHTO T-89    |
| 3  | Límite Plástico e Índice de Plasticidad | ASTM D-4318 o AASHTO T-90    |
| 4  | Clasificación HRB                       | ASTM D-3282 o AASHTO T-145   |
| 5  | Proctor Estándar                        | ASTM D-698 o AASHTO T-99     |
| 6  | CBR                                     | ASTM D-1883 o AASHTO T-193   |

Fuente: Estudio Geotécnico, LAMSA INGENIEROS CONSULTORES

Los suelos existentes a lo largo del proyecto clasificado según el método AASHTO M 145, de acuerdo a los sondeos realizados y a los ensayos de laboratorio, presentan de manera general las características siguientes:

- 1) Gravas areno arcillosa color café claro clasificada como A-2-6 (0) con CBR de 6 a 16 al 95% de compactación.
- 2) Grava areno limosas color gris claro clasificada como A-2-4 (0) con un CBR de 14 a 19.2 al 95% de compactación.

- 3) Grava areno arcillosa color rosado claro clasificada como A-2-7(0) con un CBR de 7 a 14 al 95% de compactación.
- 4) Arcilla con grava y arena color gris claro clasificada como A-7-6 (17) con un CBR de 2 al 95% de compactación.
- 5) Limo arcillo arenoso color café oscuro clasificado como A-6 (2) con un CBR de 4.2 a 7 al 95% de compactación.
- 6) Arcilla arenosa color gris oscuro clasificado como A-7-5 (19) con un CBR de 3 al 95% de compactación.
- 7) Limo grava arenoso color rojizo clasificado como A-4 (6) con un CBR de 14 al 95% de compactación.

Los límites de consistencia de estos suelos varían desde 22 a 58% de Límite Líquido y de 7 a 37% de Índice de Plasticidad.

Los granos de estos suelos pasan entre 22 y 100% el tamiz No.4 y entre 6 y 92% el tamiz No.200, (Ver Anexo I).

No se encontraron niveles de aguas freáticas (NAF) en ninguno de los sondeos realizados hasta 1.50 m de profundidad.

En general los suelos presentan valores de C.B.R entre 2% y 19.2% al 95 % de compactación en la capa superficial, estos suelos presentan ciertas características fisico-mecánicas favorables ya que se podría considerar que son suelos mejorados con materiales provenientes de bancos cercanos, sin embargo podemos observar que la capacidad soporte de estos son considerablemente bajas por lo que se tienen que proponer cierto mejoramiento. (Ver en Anexo II).

- **CÁLCULO DE CBR DE DISEÑO**

Para determinar este parámetro de diseño, utilizamos el método estadístico aplicando el criterio de percentil, se procedió de la siguiente manera: Tomando los valores de CBR de las muestras compactadas al 95% correspondiente al tramo en estudio, se ordenaron de menor a mayor los valores de CBR y se colocaron en la columna.

Se obtuvo la frecuencia numérica en que aparecían los valores antes ordenados y se colocaron en la columna siguiente. Se obtuvo el número de ensayos iguales o mayores que el valor en estudio y se colocó en la siguiente columna.

Se determina el porcentaje en que aparecían los valores, el número de veces se dividió entre el total de valores registrado, este valor se multiplica por 100 para expresarlo en porcentaje, y se coloca en la columna siguiente.

Se procede a graficar los valores de CBR con los porcentajes obtenidos iguales o mayores y relacionándolo con un 87.5% que es el porcentaje correspondiente a cargas por tránsito pesados esperado se obtiene el CBR de diseño, dándonos como resultado a este procedimiento de cálculo un 12.5 %, (Ver Anexo III, pág. 16).

- **BANCOS DE MATERIALES**

Para mejorar la capacidad soporte de la superficie del suelo, evitar el efecto contracción o expansión que puede ser ocasionado por las características plásticas del suelo existente, poder reducir el espesor de la losa y crear una superficie óptima para la aplicación de la carpeta de rodamiento, se consideró una capa de material de 6 pulg. como base, con material proveniente del banco que contenga los recursos necesarios, que cumplan con las especificaciones exigidas; tales fuentes de materiales deberán encontrarse en las cercanías del proyecto, pero de no ser así podrá considerarse otras diversas fuentes.

Dicho valor del espesor de base se consideró por la recomendación del método de diseño que utilizamos, en donde recomienda espesores de bases no menores de 10 cm ni mayores de 20 cm, a menos de que hayan riesgos de contracción y expansión bastante fuertes en la capa subrasante se emplean espesores mayores, en donde analizamos que este efecto no afectara a los suelos que estamos estudiando ya que presenta valores bajos de Límites Líquidos e Índices de Plasticidad.

A continuación presentamos los datos de los análisis del banco de material que proponemos utilizar en nuestro proyecto:

**TABLA No. 2**

**INFORMACION GENERAL DEL BANCO LAS LOMAS N° 2.**

| INFORMACION                         |  | BANCO       |  |
|-------------------------------------|--|-------------|--|
|                                     |  | LAS LOMAS 2 |  |
| PROPIETARIO                         | Eliodoro Urroz Ríos  |             |  |
| TIPO DE MATERIAL                    | Macizo rocoso basáltico  |             |  |
| ESTADO                              | En explotación   |             |  |
| USO PONTENCIAL                      | Terracería mejorada, base y sub base   |             |  |
| UBICACIÓN                           | A 3 km del inicio del proyecto, en la Estac. 1+640 lado derecho, Comarca Abra Pueblo Nuevo.<br><br>(X = 565148, Y = 1410481) |             |  |
| ACCESO                              | Camino de tierra transitable en buen estado  |             |  |
| CALICATAS CON SUS COORDENADAS (UTM) | CAL 1 (X = 565127, Y = 1410478)  |             |  |
|                                     | CAL 2 (X = 565128, Y = 1410411)  |             |  |
|                                     | CAL 3 (X = 565031, Y = 1410502)  |             |  |
| VOLUMEN EXPLOTABLE APROXIMADO       | Área = 12,521.61 m <sup>2</sup><br><br>Vol. descapote = 4,382.56 m <sup>3</sup><br><br>Altura explotable = 1.50 m            |             |  |
| OBSERVACIONES                       | Es área de explotación se puede ampliar según el dueño del banco.  |             |  |

En la calicata 1 el material corresponde superficialmente de 0 a 1.25 m de profundidad a una grava areno limosa color café claro, tipo A-1-a (0). Tiene 28% de límite líquido y 6% de índice de plasticidad, sus granos pasan 15% el tamiz No.4 y 1 % el tamiz No.200.

En la calicata 2 predomina el tipo de suelo de grava arenosa con arcilla, color gris claro clasificada tipo A-2-6 (0). Tiene 37% de límite líquido y 12% de índice de plasticidad, sus granos pasan 11% el tamiz No.4 y 2% el tamiz No.200.

En la calicata 3 se encontró grava arenosa con arcilla color gris claro clasificada tipo A-2-6 (0). Tiene 35% de límite líquido y 11% de índice de plasticidad, sus granos pasan 35% el tamiz No.4 y 16% el tamiz No.200.

Se encontró material rocoso con desgaste Los Ángeles entre 4% y 35% e intemperismo acelerado entre 1% y 15%.

El Volumen de Material explotable de este banco es de aproximadamente 14,400 m<sup>3</sup> y posee un C.B.R de 72.1% al 95% de compactación, (Ver Anexo IV).

Tomando como referencia en nuestro análisis las características que se describe en NIC-2000 en la sección 1003.09 de materiales para base, el agregado deberá ser de partículas o fragmentos, durables de piedra, escoria o grava triturados que cumplan con los siguientes requisitos:

- 1) Desgaste Los Ángeles, AASHTO T 96.....50% máx.
- 2) Intemperismo acelerado, 5 ciclos, AASHTO T 104 (Pérdida).....12% máx.
- 3) Índice de Durabilidad (grueso). AASHTO T 210..... 35% mín.
- 4) Índice de Durabilidad (fino), AASHTO T 210.....35 mín.
- 5) Caras Fracturadas, FLH T 507.....50% mín.
- 6) Libre de materia orgánica y pelotas de lodo.

No usar material que se quiebre cuando es alternativamente mojado y seco.  
 La graduación del agregado deberá ser obtenida mediante los procesos de trituración, cribado y mezcla según sea necesario. El agregado fino será Material que pase por el tamiz de 4.75 mm y podrá ser arena natural o triturada y partículas minerales finas.

Además de lo estipulado anteriormente la Base, deberá cumplir con lo siguiente:

- 1) Graduación.....Tabla No.3
- 2) Límite Líquido, AASHTO T 89.....25 máx.

### TABLA No. 3

#### MARGENES DEL VALOR META PARA GRADUACION DE BASE.

| Márgenes del Valor Meta para Graduaciones de Subbase, Base o Capas Superficiales de Agregados |                              |                       |                       |                       |                       |                       |
|---|------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Tamaño del Tamiz  | Designación de la Graduación |                       |                       |                       |                       |                       |
|   | A<br>(Subbase)               | B<br>(Subbase)        | C<br>(Base)           | D<br>(Base)           | E<br>(Base)           | F<br>Superficie       |
| 63 mm   | 100 <sup>(1)</sup>           |                       |                       |                       |                       |                       |
| 50 mm   | 97-100 <sup>(1)</sup>        | 100 <sup>(1)</sup>    | 100 <sup>(1)</sup>    |                       |                       |                       |
| 37.5 mm   |                              | 97-100 <sup>(1)</sup> | 97-100 <sup>(1)</sup> | 100 <sup>(1)</sup>    |                       |                       |
| 25.0 mm   | 65-79(6)                     |                       |                       | 97-100 <sup>(1)</sup> | 100 <sup>(1)</sup>    | 100 <sup>(1)</sup>    |
| 19.0 mm   |                              |                       | 67-81 (6)             |                       | 97-100 <sup>(1)</sup> | 97-100 <sup>(1)</sup> |
| 12.5 mm   | 45-59(7)                     |                       |                       |                       |                       |                       |
| 9.5 mm  |                              |                       |                       | 56-70(7)              | 67-79(6)              |                       |
| 4.75 mm   | 28-42(6)                     | 40-60(8)              | 33-47(6)              | 39-53(6)              | 47-59(7)              | 41-71(7)              |
| 425 µm  | 9-17(4)                      |                       | 10-19(4)              | 12-21(4)              | 12-21(4)              | 12-28(5)              |
| 75 µm   | 4.0-8.0(3)                   | 0.0-12.0(4)           | 4.0-8.0(3)            | 4.0-8.0(3)            | 4.0-8.0(3)            | 9-16(4)               |

(1) Los procedimientos estadísticos no son aplicables.

( ) Desviaciones Permisibles (±) de los valores meta.

Fuente: NIC-2000.

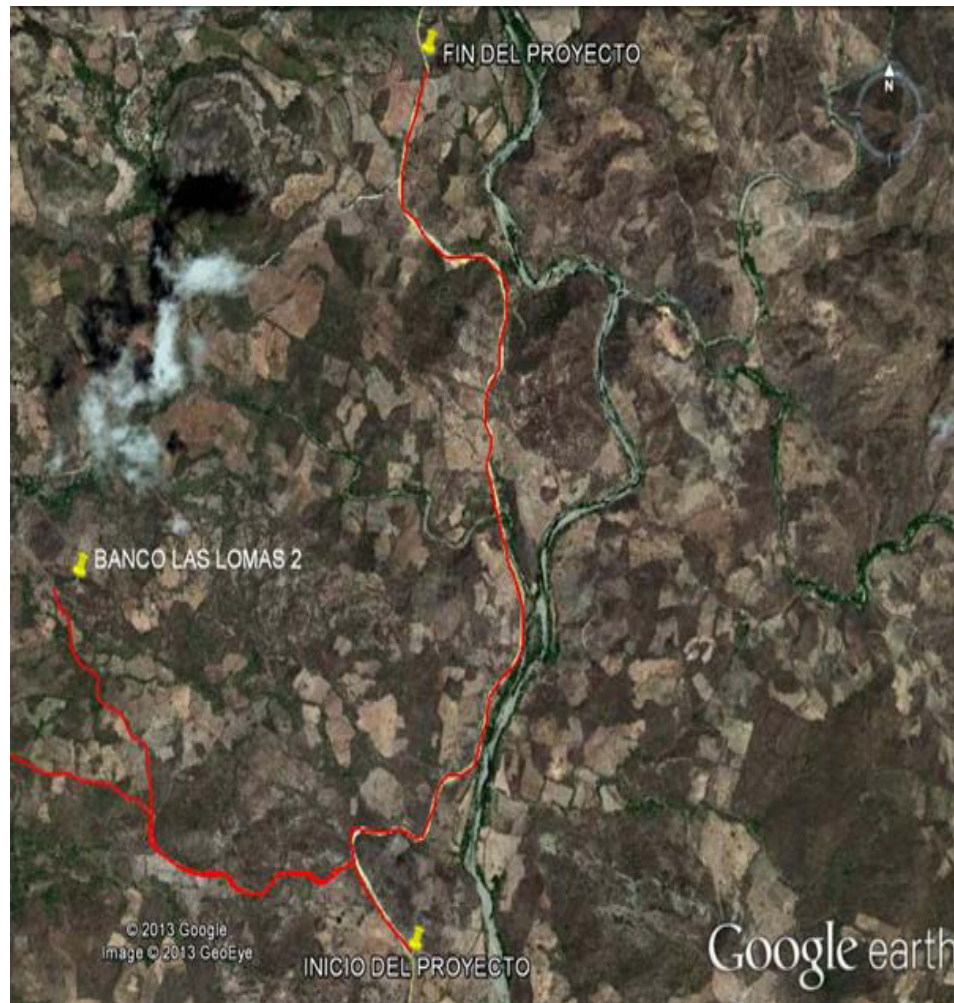


Analizando todos los datos obtenidos en los suelos del banco de material podemos deducir que estos son de buena calidad, y presentan las características necesarias para ser utilizadas como base, ya que haciendo una relación en las normas estipuladas anteriormente podemos concluir con lo siguiente: Desgastes de los Ángeles un 35% aplicable por un 50 % máx. estipulado en la norma, un intemperismo acelerado entre 1% y 15% aplicable a un 12 % máx. a lo que establece la norma. Con respecto al límite líquido y su índice de plasticidad este varía entre un 28% y un 37% y entre 6% y 11%, comparando con lo que establece la norma este parámetro no cumple con lo establecido pero se le aplicara un bandeo para manejar mejor esta característica.

También cumplen con los rangos granulométricos que definen una base con designación de graduación C para porcentajes de partículas que pasan por el Tamiz N<sup>o</sup> 200 entre 5-15 % y el N<sup>o</sup> 4 entre 30-60 %, (Ver anexo V).

El banco de Material propuesto a utilizarse está a 3 Km de inicio del proyecto a como se presenta la ubicación en el siguiente dibujo.

**REFERENCIA DE LOCALIZACION DEL BANCO DE MATERIAL CON  
RESPECTO A LOCALIZACION DEL PROYECTO.**



Fuente: Estudio Geotécnico, Lamsa Ingenieros Consultores.

### ➤ **CAPITULO III: ESTUDIO DE TRÁNSITO**

El volumen de tráfico y su comportamiento son los que definen los alcances y las demandas de un proyecto vial, por lo que se debe dar importancia a la determinación del volumen de tránsito, los tipos de vehículos, el comportamiento de estos y sus formas de operación, como así también a las características socioeconómicas de los usuarios.

Por lo tanto es importante realizar el estudio adecuado para el diseño de la estructura del pavimento y la evaluación del proyecto, pues gran parte de los beneficios derivados del mismo son debidos a los ahorros en costos de operación vehicular.

#### **VOLUMEN Y COMPOSICIÓN VEHICULAR.**

Los volúmenes de tránsito deben ser considerados como dinámicos, por lo que solo son precisos para el periodo de duración de los aforos, destacamos que no podemos determinar con exactitud el comportamiento de tráfico futuro. Sin embargo, debido a que sus variaciones son generalmente rítmicas y repetitivas, es importante tener un conocimiento de las características del tráfico en los tramos de carretera donde se realizarán los aforos vehiculares, es por esto, que se deben realizar conteos de tráfico en diferentes puntos para conocer detalladamente el volumen y composición del tráfico.

- **INFORMACION EXISTENTE**

### **TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO ANUAL (TPDA) HISTÓRICO**

Para el diseño de la estructura de pavimento se efectuará las proyecciones del tráfico actual a un periodo de 20 años; se tomarán varias variables en cuenta para este cálculo, una de ellas es el comportamiento del tráfico histórico, del cual el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI) lleva por medio de la Dirección de Administración Vial, adscrita a la División General de Vialidad; dicha instancia posee registros históricos del tráfico en la red nacional desde el año 1963, en que se instauró el Sistema Nacional de Conteos Volumétricos de Tránsito. Estos registros aportan la base fundamental para conocer el comportamiento del tráfico en las principales carreteras y caminos del país, además de proveer la información relacionada a los principales factores tales como la relación tráfico diurno y tráfico nocturno, factores para expansión del tráfico semanal y para la desestacionalización, conocido también como factor de temporada. Estos datos se encuentran en la publicación anual de la Revista de Tráfico del año 2014, que rutinariamente hace el Ministerio de Transporte e Infraestructura, y que fueron utilizadas en el estudio de Tráfico.

Los registros históricos que el MTI posee de la estación sumaria NIC - 35C N° 2605 (El Jicaral – Santa Rosa del Peñón) nos permiten conocer el comportamiento del tráfico comprendido entre los años 2002 y 2014. En este periodo el tráfico experimentó un crecimiento acumulado del 198%, lo que resulta en un 9 % de incremento para cada año, los resultados del conteo lo podemos, (Ver tabla No.4).

**TABLA No.4: TRANSITO PROMEDIO DIARIO ANUAL HISTORICO POR TIPO DE VEHICULO**

| TPDA HISTORICO POR TIPO DE VEHICULO                        |       |       |      |           |                  |                  |     |             |            |       |         |       |            |
|--|-------|-------|------|-----------|------------------|------------------|-----|-------------|------------|-------|---------|-------|------------|
| ESTACION SUMARIA Nº 2605 EL JICARAL - SANTA ROSA DEL PEÑON |       |       |      |           |                  |                  |     |             |            |       |         |       |            |
| AÑO  | Motos | Autos | Jeep | Camioneta | McBus<15<br>pas. | MnBus15-<br>30s. | Bus | Liv 2-5 Ton | C2 5 + Ton | T3-S2 | VA / VC | OTROS | TOTAL      |
| 2014   | 70    | 15    | 12   | 66        | 8                | 7                | 12  | 25          | 20         | 17    | 1       |       | <b>253</b> |
| 2010   | 54    | 12    | 3    | 37        |                  |                  | 10  | 16          | 5          | 5     |         |       | <b>142</b> |
| 2005   | 16    |       | 7    | 43        |                  |                  | 11  | 10          | 5          | 13    |         |       | <b>104</b> |
| 2002   | 13    | 3     | 10   | 30        | 7                |                  | 8   | 6           | 7          |       | 1       | 1     | <b>85</b>  |

Fuente: MTI, División de Administración Vial. Anuario de Aforos de Tráfico Año 2014

La tasa de crecimiento del TPDA histórico es del 9% Anual.

- **DATOS DE CONTEO VEHICULAR**

Se tomaron los datos del conteo vehicular que realizó la empresa consultora, analizando dos estaciones de conteo, la estación N°1 se localizó a 0.1 km del inicio del tramo, y la estación N° 2 a 0.75 km del final del tramo, de forma que se muestreasen días medios (Jueves), fin de semana (domingo) y días altos (lunes), durante 12.0 horas continuas entre las 06:00 horas y las 18:00 horas y dos días (viernes y Sábado) de 24 horas, (Ver tabla No.5 y 6).

El tramo de El Jicaral – Santa Rosa del Peñon depende de la estación de mayor cobertura EMC N° 107 del Sistema de Administración de Pavimento (PMS) del MTI, localizada en el tramo de Camino NIC – 1, en el tramo: Sébaco – Empalme de San Isidro, a la altura del kilómetro 106+200, ver en la tabla dependencia de estaciones en (Anexo VI), cuyos conteos corresponden al tercer cuatrimestre del año 2014, (Ver anexo VII).

Para el cálculo del TPDA de los tramos donde se realizaron los conteos vehiculares, preliminarmente se procedió a calcular el factor día, para expandir el tráfico diurno de 12 horas a tráfico diario de 24, por medio de la siguiente formula:

$$Factor\ Día = 1 + \frac{Trafico\ Nocturno}{Trafico\ Diurno}$$

Se obtuvieron los resultados del factor día, en las dos estaciones y para cada tipo de vehículo, los cuales se muestran en la siguiente tabla.

**TABLA No.5: ESTACIÓN DE CONTEO VEHICULAR No.1**

| RESUMEN SEMANAL POR TIPO DE VEHICULO |               |        |       |                    |      |                      |        |            |                  |        |      |      |        |         |              |      |       |       |
|--------------------------------------|---------------|--------|-------|--------------------|------|----------------------|--------|------------|------------------|--------|------|------|--------|---------|--------------|------|-------|-------|
| Estación: N° 1                       |               |        |       |                    |      |                      |        |            |                  |        |      |      |        |         |              |      |       |       |
| DIA                                  | HORA          | Bicic. | Motos | Vehículos Livianos |      | Pesados de Pasajeros |        |            | Pesados de Carga |        |      |      |        |         | Veh. Pesados |      | Otros | Total |
|                                      |               |        |       | Autos              | Jeep | Cta                  | Mbuses | Mbus > 15P | Bus              | Liv C2 | C2   | C3   | TxSx≤4 | T3xSx≥5 | CxRx≤4       | VA   | VC    |       |
| Jueves                               | 06:00 - 18:00 | 265    | 52    | 12                 | 9    | 44                   | 0      | 0          | 12               | 0      | 51   | 4    | 0      | 7       | 0            | 0    | 0     | 191   |
| Viernes                              | 06:00 - 18:00 | 280    | 59    | 24                 | 33   | 71                   | 0      | 0          | 19               | 0      | 97   | 23   | 0      | 9       | 0            | 0    | 0     | 335   |
| Sabado                               | 06:00 - 18:00 | 411    | 71    | 22                 | 22   | 54                   | 0      | 0          | 11               | 0      | 69   | 20   | 0      | 0       | 0            | 0    | 0     | 269   |
| Domingo                              | 06:00 - 18:00 | 86     | 88    | 16                 | 6    | 44                   | 0      | 0          | 13               | 23     | 19   | 0    | 0      | 25      | 7            | 0    | 0     | 241   |
| Lunes                                | 06:00 - 18:00 | 309    | 76    | 33                 | 32   | 60                   | 0      | 0          | 15               | 0      | 42   | 8    |        |         | 0            | 0    | 0     | 266   |
| Total                                |               | 1351   | 346   | 107                | 102  | 273                  | 0      | 0          | 70               | 23     | 278  | 55   | 0      | 41      | 7            | 0    | 0     | 1302  |
| TPD (vpd)                            |               | 270    | 69    | 21                 | 20   | 55                   | 0      | 0          | 14               | 5      | 56   | 11   | 0      | 8       | 1            | 0    | 0     | 260   |
| Porc. por Tipo de Vehículo           |               | 1.0    | 26.6  | 8.2                | 7.8  | 21.0                 | 0.0    | 0.0        | 5.4              | 1.8    | 21.4 | 4.2  | 0.0    | 3.1     | 0.5          | 0.0  | 0.0   | 100   |
| Viernes (noche)                      |               | 13     | 19    | 5                  | 1    | 15                   | 0      | 0          | 1                | 1      | 0    | 0    | 0      | 0       | 0            | 0    | 0     | 42    |
| (Fac Exp. 24 h.)/Tipo de Veh.        |               |        | 1.32  | 1.21               | 1.03 | 1.21                 | 1.00   | 1.00       | 1.00             | 1.00   | 1.00 | 1.00 | 1.00   | 1.00    | 1.00         | 1.00 | 1.00  |       |
| Sabado (noche)                       |               | 7      | 10    | 0                  | 0    | 7                    | 0      | 0          | 0                | 1      | 1    | 0    | 0      | 0       | 0            | 1    | 0     |       |
| (Fac Exp. 24 h.)/Tipo de Veh.        |               |        | 1.14  | 1.00               | 1.00 | 1.13                 | 1.00   | 1.00       | 1.00             | 1.00   | 1.01 | 1.00 | 1.00   | 1.00    | 1.00         | 1.00 | 1.00  |       |

Fuente: Elaboración propia.

**TABLA No.6: ESTACIÓN DE CONTEO VEHICULAR No.2**

| RESUMEN SEMANAL POR TIPO DE VEHICULO |               |        |       |                    |      |                      |        |            |                  |        |      |      |        |         |              |      |       |       |
|--------------------------------------|---------------|--------|-------|--------------------|------|----------------------|--------|------------|------------------|--------|------|------|--------|---------|--------------|------|-------|-------|
| Estación: N° 2                       |               |        |       |                    |      |                      |        |            |                  |        |      |      |        |         |              |      |       |       |
| DIA                                  | HORA          | Bicic. | Motos | Vehículos Livianos |      | Pesados de Pasajeros |        |            | Pesados de Carga |        |      |      |        |         | Veh. Pesados |      | Otros | Total |
|                                      |               |        |       | Autos              | Jeep | Cta                  | Mbuses | Mbus > 15P | Bus              | Liv C2 | C2   | C3   | TxSx≤4 | T3xSx≥5 | CxRx≤4       | VA   | VC    |       |
| Jueves                               | 06:00 - 18:00 | 45     | 63    | 6                  | 3    | 38                   | 0      | 8          | 10               | 16     | 24   | 0    | 0      | 18      | 0            | 0    | 0     | 186   |
| Viernes                              | 06:00 - 18:00 | 34     | 50    | 3                  | 3    | 55                   | 0      | 6          | 12               | 17     | 12   | 2    | 0      | 15      | 0            | 0    | 0     | 175   |
| Sabado                               | 06:00 - 18:00 | 38     | 62    | 4                  | 1    | 19                   | 0      | 7          | 7                | 8      | 15   | 0    | 0      | 14      | 0            | 0    | 0     | 137   |
| Domingo                              | 06:00 - 18:00 | 166    | 87    | 7                  | 4    | 65                   | 2      | 4          | 11               | 26     | 23   | 0    | 0      | 153     | 0            | 0    | 0     | 382   |
| Lunes                                | 06:00 - 18:00 | 29     | 21    | 1                  | 2    | 18                   | 0      | 1          | 10               | 4      | 2    | 0    | 0      | 6       | 0            | 0    | 0     | 65    |
| Total                                |               | 312    | 283   | 21                 | 13   | 195                  | 2      | 26         | 50               | 71     | 76   | 2    | 0      | 206     | 0            | 0    | 0     | 945   |
| TPD (vpd)                            |               | 62     | 57    | 4                  | 3    | 39                   | 0      | 5          | 10               | 14     | 15   | 0    | 0      | 41      | 0            | 0    | 0     | 189   |
| Porc. por Tipo de Vehículo           |               | 0.3    | 29.9  | 2.2                | 1.4  | 20.6                 | 0.2    | 2.8        | 5.3              | 7.5    | 8.0  | 0.2  | 0.0    | 21.8    | 0.0          | 0.0  | 0.0   | 100   |
| Viernes (noche)                      |               | 33     | 27    | 3                  | 1    | 29                   | 0      | 0          | 0                | 0      | 0    | 0    | 0      | 0       | 0            | 0    | 0     | 60    |
| (Fac Exp. 24 h.)/Tipo de Veh.        |               |        | 1.54  | 2.00               | 1.33 | 1.53                 | 1.00   | 1.00       | 1.00             | 1.00   | 1.00 | 1.00 | 1.00   | 1.00    | 1.00         | 1.00 | 1.00  |       |
| Sabado (noche)                       |               | 27     | 24    | 0                  | 2    | 34                   | 0      | 0          | 1                | 6      | 6    | 0    | 0      | 0       | 0            | 0    | 0     | 73    |
| (Fac Exp. 24 h.)/Tipo de Veh.        |               |        | 1.39  | 1.00               | 3.00 | 2.79                 | 1.00   | 1.00       | 1.14             | 1.00   | 1.40 | 1.00 | 1.00   | 1.00    | 1.00         | 1.00 | 1.00  |       |

Fuente: Elaboración propia.

Aplicando el factor día para cada tipo de vehículo, se obtienen los siguientes resultados:

**TABLA No.7: TRÁFICO EXPANDIDO A 24 HORAS DE ESTACIÓN No.1**

| RESUMEN SEMANAL POR TIPO DE VEHICULO EXPANDIDO A 24 HORAS |               |  |       |                    |      |                      |        |            |                  |        |      |     |        |         |              |     |       |       |
|---|---------------|--|-------|--------------------|------|----------------------|--------|------------|------------------|--------|------|-----|--------|---------|--------------|-----|-------|-------|
| Estación: N° 1  |               |  |       |                    |      |                      |        |            |                  |        |      |     |        |         |              |     |       |       |
| DIA   | HORA          |  | Motos | Vehículos Livianos |      | Pesados de Pasajeros |        |            | Pesados de Carga |        |      |     |        |         | Veh. Pesados |     | Otros | Total |
|   |               |  |       | Autos              | Jeep | Cta                  | Mbuses | Mbus > 15P | Bus              | Liv C2 | C2   | C3  | TxSx≤4 | T3xSx≥5 | CxRx≤4       | VA  | VC    |       |
| Jueves  | 06:00 - 18:00 |  | 69    | 15                 | 9    | 53                   | 0      | 0          | 12               | 0      | 51   | 4   | 0      | 7       | 0            | 0   | 0     | 220   |
| Viernes   | 24 Horas      |  | 78    | 29                 | 34   | 86                   | 0      | 0          | 20               | 1      | 97   | 23  | 0      | 9       | 0            | 0   | 0     | 377   |
| Sabado  | 24 Horas      |  | 81    | 22                 | 22   | 61                   | 0      | 0          | 11               | 1      | 70   | 20  | 0      | 0       | 0            | 1   | 0     | 289   |
| Domingo   | 06:00 - 18:00 |  | 100   | 16                 | 6    | 50                   | 0      | 0          | 13               | 23     | 19   | 0   | 0      | 25      | 7            | 0   | 0     | 259   |
| Lunes   | 06:00 - 18:00 |  | 100   | 40                 | 33   | 73                   | 0      | 0          | 15               | 0      | 42   | 8   | 0      | 0       | 0            | 0   | 0     | 311   |
| TPDS  |               |  | 429   | 121                | 104  | 323                  | 0      | 0          | 71               | 25     | 279  | 55  | 0      | 41      | 7            | 0   | 1     | 1456  |
| TPD 24 h.(vpd)  |               |  | 86    | 24                 | 21   | 65                   | 0      | 0          | 14               | 5      | 56   | 11  | 0      | 8       | 1            | 0   | 0     | 291   |
| Porc. por Tipo de Vehículo                                |               |  | 29.4  | 8.3                | 7.2  | 22.2                 | 0.0    | 0.0        | 4.9              | 1.7    | 19.2 | 3.8 | 0.0    | 2.8     | 0.5          | 0.0 | 0.1   | 100   |

Fuente: Elaboración propia.

**TABLA No.8: TRÁFICO EXPANDIDO A 24 HORAS DE ESTACIÓN No.2**

| RESUMEN SEMANAL POR TIPO DE VEHICULO EXPANDIDO A 24 HORAS |               |  |       |                    |      |                      |        |            |                  |        |     |     |        |         |              |     |       |       |
|---|---------------|--|-------|--------------------|------|----------------------|--------|------------|------------------|--------|-----|-----|--------|---------|--------------|-----|-------|-------|
| Estación: N° 2  |               |  |       |                    |      |                      |        |            |                  |        |     |     |        |         |              |     |       |       |
| DIA   | HORA          |  | Motos | Vehículos Livianos |      | Pesados de Pasajeros |        |            | Pesados de Carga |        |     |     |        |         | Veh. Pesados |     | Otros | Total |
|   |               |  |       | Autos              | Jeep | Cta                  | Mbuses | Mbus > 15P | Bus              | Liv C2 | C2  | C3  | TxSx≤4 | T3xSx≥5 | CxRx≤4       | VA  | VC    |       |
| Jueves  | 06:00 - 18:00 |  | 97    | 12                 | 4    | 58                   | 0      | 8          | 10               | 16     | 24  | 0   | 0      | 18      | 0            | 0   | 0     | 247   |
| Viernes   | 24 Horas      |  | 77    | 6                  | 4    | 84                   | 0      | 6          | 12               | 17     | 12  | 2   | 0      | 15      | 0            | 0   | 0     | 235   |
| Sabado  | 24 Horas      |  | 86    | 4                  | 3    | 53                   | 0      | 7          | 8                | 14     | 21  | 0   | 0      | 14      | 0            | 0   | 0     | 210   |
| Domingo   | 06:00 - 18:00 |  | 121   | 7                  | 12   | 181                  | 2      | 4          | 13               | 26     | 32  | 0   | 0      | 153     | 0            | 0   | 0     | 551   |
| Lunes   | 06:00 - 18:00 |  | 32    | 2                  | 3    | 27                   | 0      | 1          | 10               | 4      | 2   | 0   | 0      | 6       | 0            | 0   | 0     | 87    |
| TPDS  |               |  | 413   | 31                 | 26   | 404                  | 2      | 26         | 53               | 77     | 91  | 2   | 0      | 206     | 0            | 0   | 0     | 1330  |
| TPD 24 h.(vpd)  |               |  | 83    | 6                  | 5    | 81                   | 0      | 5          | 11               | 15     | 18  | 0   | 0      | 41      | 0            | 0   | 0     | 266   |
| Porc. por Tipo de Vehículo                                |               |  | 31.0  | 2.3                | 1.9  | 30.4                 | 0.2    | 2.0        | 4.0              | 5.8    | 6.9 | 0.2 | 0.0    | 15.5    | 0.0          | 0.0 | 0.0   | 100   |

Fuente: Elaboración propia.



Luego de cuantificar el tráfico expandido a 24 horas, estos se afectaron por el factor semana y el factor fin de semana respectivamente, de las estaciones de control, resultando el Trafico Promedio Diario Semanal (TPDS), para cada una de las estaciones, luego se afectó por el factor temporada de la misma estación usada, (Ver anexo VII), obteniendo el Transito Promedio Diario Anual (TPDA), para cada estación de conteo como se muestra a continuación.

**TABLA No.9: TPDA DE ESTACIÓN No.1**

| ESTACION Nº 1             |        |                    |       |        |                      |            |       |                  |        |       |        |         |        |              |       |       |         |
|---------------------------|--------|--------------------|-------|--------|----------------------|------------|-------|------------------|--------|-------|--------|---------|--------|--------------|-------|-------|---------|
| Grupo                     | Motos  | Vehículos Livianos |       | Cta    | Pesados de Pasajeros |            | Bus   | Pesados de Carga |        |       | TxSx≤4 | T3xSx≥5 | CxRx≤4 | Veh. Pesados |       | Otros | Total   |
|                           |        | Autos              | Jeep  |        | Mbuses               | Mbus > 15P |       | Liv C2           | C2     | C3    |        |         |        | VA           | VC    |       |         |
| TPD 24 hr (Semana)        | 247    | 83                 | 76    | 212    | 0                    | 0          | 47    | 1                | 190    | 35    | 0      | 16      | 0      | 0            | 0     | 0     | 908     |
| TPD 24 hr (Fin de Semana) | 181    | 38                 | 28    | 111    | 0                    | 0          | 24    | 24               | 89     | 20    | 0      | 25      | 7      | 0            | 1     | 0     | 548     |
| Factor Semana             | 0.98   | 1.02               | 0.98  | 0.94   | 1.04                 | 1.05       | 0.96  | 0.90             | 0.90   | 0.87  | 1.43   | 0.94    | 1.00   | 0.76         | 1.00  | 1.03  |         |
| Factor Fin de Semana      | 1.05   | 0.94               | 1.04  | 1.19   | 0.91                 | 0.9        | 1.11  | 1.4              | 1.36   | 1.56  | 0.57   | 1.18    | 1      | 4.95         | 1     | 0.93  |         |
| TPDS                      | 87     | 24                 | 21    | 66     | 0                    | 0          | 14    | 7                | 58     | 12    | 0      | 9       | 1      | 0            | 0     | 0     | 300     |
| Factor Temporada          | 0.91   | 1.22               | 0.91  | 0.95   | 1                    | 1.03       | 0.97  | 0.88             | 0.95   | 0.84  | 1      | 0.98    | 1      | 1.02         | 3.67  | 0.95  |         |
| TPDA (vpd)                | 79     | 29                 | 19    | 63     | 0                    | 0          | 14    | 6                | 56     | 10    | 0      | 9       | 1      | 0            | 1     | 0     | 287     |
| % TPDA                    | 27.46% | 10.27%             | 6.59% | 21.93% | 0.00%                | 0.00%      | 4.85% | 2.12%            | 19.37% | 3.61% | 0.00%  | 3.04%   | 0.49%  | 0.00%        | 0.26% | 0.00% | 100.00% |

Fuente: Elaboración propia.

**TABLA No.10: TPDA DE ESTACIÓN No.2**

| ESTACION Nº 2             |        |                    |       |        |                      |            |       |                  |       |       |        |         |        |              |       |       |         |
|---------------------------|--------|--------------------|-------|--------|----------------------|------------|-------|------------------|-------|-------|--------|---------|--------|--------------|-------|-------|---------|
| Grupo                     | Motos  | Vehículos Livianos |       | Cta    | Pesados de Pasajeros |            | Bus   | Pesados de Carga |       |       | TxSx≤4 | T3xSx≥5 | CxRx≤4 | Veh. Pesados |       | Otros | Total   |
|                           |        | Autos              | Jeep  |        | Mbuses               | Mbus > 15P |       | Liv C2           | C2    | C3    |        |         |        | VA           | VC    |       |         |
| TPD 24 hr (Semana)        | 206    | 20                 | 11    | 170    | 0                    | 15         | 32    | 37               | 38    | 2     | 0      | 39      | 0      | 0            | 0     | 0     | 570     |
| TPD 24 hr (Fin de Semana) | 207    | 11                 | 15    | 234    | 2                    | 11         | 21    | 40               | 53    | 0     | 0      | 167     | 0      | 0            | 0     | 0     | 761     |
| Factor Semana             | 0.98   | 1.02               | 0.98  | 0.94   | 1.04                 | 1.05       | 0.96  | 0.90             | 0.90  | 0.87  | 1.43   | 0.94    | 1.00   | 0.76         | 1.00  | 1.03  |         |
| Factor Fin de Semana      | 1.05   | 0.94               | 1.04  | 1.19   | 0.91                 | 0.9        | 1.11  | 1.4              | 1.36  | 1.56  | 0.57   | 1.18    | 1      | 4.95         | 1     | 0.93  |         |
| TPDS                      | 84     | 6                  | 5     | 88     | 0                    | 5          | 11    | 18               | 21    | 0     | 0      | 47      | 0      | 0            | 0     | 0     | 285     |
| Factor Temporada          | 0.91   | 1.22               | 0.91  | 0.95   | 1                    | 1.03       | 0.97  | 0.88             | 0.95  | 0.84  | 1      | 0.98    | 1      | 1.02         | 3.67  | 0.95  |         |
| TPDA (vpd)                | 76     | 8                  | 5     | 83     | 0                    | 5          | 11    | 16               | 20    | 0     | 0      | 46      | 0      | 0            | 0     | 0     | 270     |
| % TPDA                    | 28.26% | 2.78%              | 1.76% | 30.83% | 0.13%                | 1.96%      | 3.89% | 5.82%            | 7.50% | 0.11% | 0.00%  | 16.97%  | 0.00%  | 0.00%        | 0.00% | 0.00% | 100.00% |

Fuente: Elaboración propia.

**TABLA No.11: TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO ANUAL DE ESTACIONES DE CONTEO No.1 Y No.2**

| Grupo                         | Motos | Vehículos Livianos |      | Cta | Pesados de Pasajeros |            |     | Pesados de Carga |    |    |   |    | C3 | TxSx≤4 | T3xSx≥5 | CxRx≤4 | Veh. Pesados |    | Otros | Total |
|-------------------------------|-------|--------------------|------|-----|----------------------|------------|-----|------------------|----|----|---|----|----|--------|---------|--------|--------------|----|-------|-------|
|                               |       | Autos              | Jeep |     | Mbuses               | Mbus > 15P | Bus | Liv C2           | C2 |    |   |    |    |        |         |        | VA           | VC |       |       |
| Estación: N° 1                | 79    | 29                 | 19   | 63  | 0                    | 0          | 14  | 6                | 56 | 10 | 0 | 9  | 1  | 0      | 1       | 0      | 0            | 0  | 0     | 287   |
| Estación: N° 2                | 76    | 8                  | 5    | 83  | 0                    | 5          | 11  | 16               | 20 | 0  | 0 | 46 | 0  | 0      | 0       | 0      | 0            | 0  | 0     | 270   |
| TPDA Promedio del Camino(vpd) | 78    | 18                 | 12   | 73  | 1                    | 3          | 12  | 11               | 38 | 5  | 0 | 27 | 0  | 0      | 0       | 0      | 0            | 0  | 0     | 278   |

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con los datos obtenidos, concluimos en utilizar los valores de la estación de conteo No.1 que se ubica al inicio del tramo en estudio, considerando que cuenta con un volumen mayor de vehículos pesados que la estación No.2, lo que nos ayudara para tener un cálculo más acertado de espesor de pavimento para el tramo en estudio.

- **INDICADORES ECONOMICOS**

Se analizarán algunos indicadores económicos tales como el Producto Interno Bruto, consumo de combustible, crecimiento poblacional y economía municipal los cuales serán comparados con el TPDA histórico, para poder determinar la tasa de crecimiento.

- **PRODUCTO INTERNO BRUTO (PIB).**

Los registros del Banco Central de Nicaragua muestran el comportamiento del PIB, considerando el periodo 1999 – 2013, se puede notar un crecimiento, que corresponden a un 123.76% acumulado en este periodo, lo que genera un crecimiento promedio de 5.5% por año, ver figura No.12.

**FIGURA No.12: COMPORTAMIENTO PIP PERCAPITA**



Fuente: Banco Central de Nicaragua, Estadísticas.

Considerando la información anteriormente mostrada, estimamos que la tendencia de crecimiento de PIB será del 5.5% por año seguirá registrándose durante la vida útil del proyecto.

- **CONSUMO DE COMBUSTIBLE.**

Como se observa en la figura siguiente, el consumo de este producto tiene un acumulado de un 43% para el periodo del 2006-2014, dando como resultado un crecimiento promedio del 4 % por año, ver figura No.13.

**FIGURA No.13: COMPORTAMIENTO DEL CONSUMO DE COMBUSTIBLE**



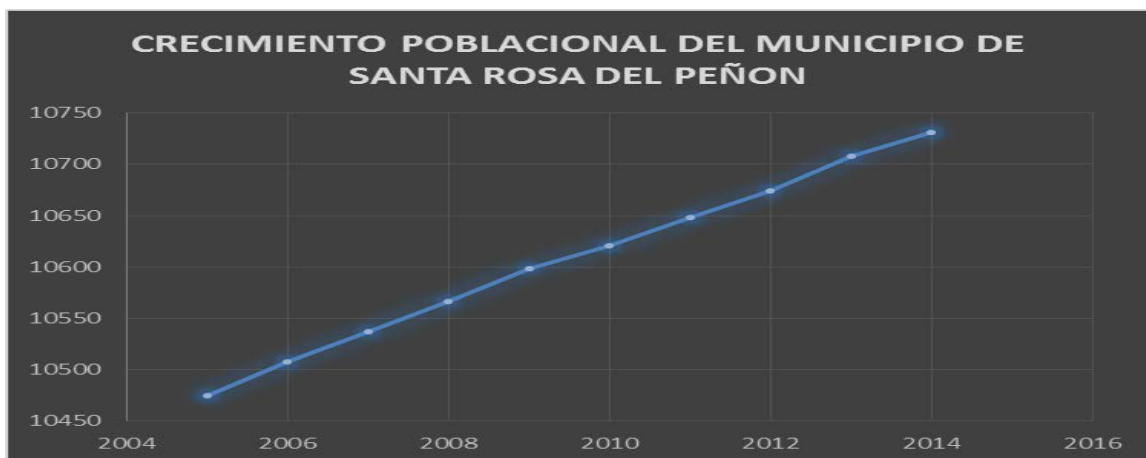
Fuente: Instituto Nicaragüense de Energía (INE), Estadísticas.

Debido a que el precio del combustible desde mediados del año 2015 a lo que va del año de enero 2016, los consumidores hemos podido notar y sentir los precios bajos del combustible. Se puede notar que se consume un poco más de este, pero considerando que de igual forma que se disminuyó este costo en cualquier momento puede aumentar, de esta forma concluimos utilizar el valor estadístico con el cual contamos actualmente que es el 4 % antes mencionado.

- **CRECIMIENTO POBLACIONAL DEL MUNICIPIO DE SANTA ROSA DEL PEÑÓN.**

Entre los años 2005 – 2014, la población se ha incrementado en un 2.5% acumulado, de lo que se desprende un crecimiento promedio de 0.24% por año, a diferencia de las variables anteriormente descritas la población no deja de crecer sin importar la situación económica por la cual atraviese el país, Ver figura No.14.

**FIGURA No.14: CRECIMIENTO POBLACIONAL DEL MUNICIPIO DE SANTA ROSA DEL PEÑÓN.**



Fuente: Instituto Nacional de Información y Desarrollo (INIDE).

## ECONOMÍA MUNICIPAL

### • SECTOR AGROPECUARIO

El sector agropecuario tiene una aportación importante de algunos granos básicos de alto consumo, tanto que el municipio de Santa Rosa del Peñón es el mayor productor de frijol rojo del Departamento, estos tienen una gran demanda por la población nicaragüense, y por lo tanto su aporte en el TPDA es significativo, y sobre todo en vehículos pesados ya que son los que tienen mayor influencia en el diseño de los espesores de pavimento, ver tabla No.15.

**TABLA No.15: DATOS DEL SECTOR AGROPECUARIO**

| SECTOR AGROPECUARIO                    |                  |                |                |                  |
|--|------------------|----------------|----------------|------------------|
| CULTIVO                                | FRIJOLES         | MAIZ           | MILLON         | TOTAL            |
| MANZANAS DISPONIBLES PARA SIEMBRA      | 6300.00          | 800.00         | 1500.00        | 8600.00          |
| ESTIMAMOS UN 30% DE MANZANAS SEMBRADAS | 1890.00          | 240.00         | 450.00         |                  |
| QUINTALES X MANZANA                    | 20.00            | 20.00          | 20.00          |                  |
| QUINTALES PRODUCIDOS                   | 37800.00         | 4800.00        | 9000.00        |                  |
| COSTO DEL GRANO C\$ (DICIEMBRE 2015)   | 1200.00          | 600.00         | 650.00         |                  |
| MONTO PRODUCIDO TOTAL C\$              | C\$ 45360,000.00 | C\$ 144,000.00 | C\$ 292,500.00 | C\$ 45796,500.00 |

Fuente: Elaboración Propia

La ganadería se produce a mediana escala y esto se debe a las características del terreno, existen aproximadamente 2500 cabezas de ganado utilizadas para la producción de carne y leche, ambas para el consumo local y en pequeña proporción para la comercialización externa, este sector no aporta mucho al TPDA ya que su producción es baja.

### EXPLOTACIÓN DE YESO

El territorio encierra ricas minas de yeso, que se encuentran en explotación. En materia de industrial solo cuenta con industrias caseras de cerámica y tejidos, mencionado esto, la demanda es poca y no tiene un gran impacto en el TPDA.

- **TASA DE CRECIMIENTO.**

Las perspectivas de crecimiento de los siguientes proyectos, nos permitirá tener una idea más clara del comportamiento del tráfico futuro para el proyecto en estudio, ver tabla No.16.

**TABLA No.16: TASAS DE CRECIMIENTO DE DIVERSOS PROYECTOS**

| PORCENTAJE TASAS DE CRECIMIENTO EN DIVERSOS PROYECTOS |                    |            |
|---|--------------------|------------|
| PROYECTO  | % TASA CRECIMIENTO | PROMEDIO % |
| Esquipulas - Muy Muy                                  | 6.72%              | 6.11%      |
| Cardenas - Colon                                      | 9.96%              |            |
| Nueva Guinea  | 6.13%              |            |
| Terrabona - Terrabona                                 | 4.50%              |            |
| Comalapa - Camoapa                                    | 5.55%              |            |
| Empalme Santa Rosa - Comalapa                         | 5.60%              |            |
| San Ramon - Muy Muy                                   | 5.00%              |            |
| San Sebastián de Yali - Condega                       | 4.50%              |            |
| Llanos de Colon - La Concordia                        | 7.00%              |            |
|   |                    |            |
|   |                    |            |
|   |                    |            |

Fuente: MTI, División de Pre – Inversión.

Como podrá notarse el promedio de las tasas de crecimiento aplicadas es de 6.11%, claro está que cada proyecto demanda un singular análisis de las diferentes variables socio – económicas, que permitirán establecer los porcentajes de proyección de cada tramo.

Para determinar la tasa de crecimiento del tráfico del proyecto en estudio, se analizaran las variables socio-económicas anteriormente expuestas, estos factores son los que afectan el aumento del volumen de tráfico de manera directa e indirectamente.

El crecimiento o decrecimiento socio – económico del país no juega un papel tan importante en la vida de los nicaragüenses cuando de incremento poblacional se trata; un ejemplo de esto se da en año 2007, donde el producto interno bruto registro un decrecimiento del 7 %, sin embargo en este mismo periodo la población paso de 10,508 habitantes hasta 10,537 habitantes, registrándose un incremento del 0.35%.

Tanto el producto interno bruto (PIB), el consumo de combustible, el sector agropecuario y el TPDA histórico, juegan un papel muy importante al momento de determinar la tasa de crecimiento, hemos observado que todas estas variables muestran un comportamiento ascendente a través del tiempo y que el incremento de una de ellas repercute proporcionalmente en las demás, ver tabla No.17.

**TABLA No.17: INDICADORES DE CRECIMIENTO**

| INDICADORES DE CRECIMIENTO VALORADOS PARA EL PROYECTO |                        |       |                           |   |          |
|---|------------------------|-------|---------------------------|---|----------|
|   | TPDA<br>HISTORICO(MTI) | PIB   | CONSUMO DE<br>COMBUSTIBLE | CRECIMIENTO<br>POBLACIONAL DEL<br>MUNICIPIO | PROMEDIO |
| CRECIMIENTO %   | 9%                     | 5.50% | 4%                        | 0.24%                                       | 5%       |

Fuente: Elaboración Propia

Consideramos que dicho comportamiento se presentará igual o mayor para los próximos 20 años. Tales variables tienen un impacto directo en los volúmenes de tráfico que circularan por la vía.

En vista de todos los datos anteriormente expuestos, la estrecha relación que existe entre estos y la particularidad de la ubicación del proyecto, hemos llegado a la conclusión de aplicar una tasa de crecimiento del 5 % para toda la vida útil del proyecto, pensamos que esta tasa (5%) está ajustada y acercada al crecimiento que el país experimentará en los siguientes 20 años de la vida útil del proyecto.



**TABLA No.18:**  
**TPDA PROYECTADO AL AÑO BASE AFECTADO POR TASA DE CRECIMIENTO DEL PROYECTO (5%)**

| AÑO  | Motos | Vehículos Livianos |      |     | Pesados de Pasajeros |            |     | Pesados de Carga |    |    |         |        | Veh. Pesados |    | Total |
|------|-------|--------------------|------|-----|----------------------|------------|-----|------------------|----|----|---------|--------|--------------|----|-------|
|      |       | Autos              | Jeep | Cta | Mbuses               | Mbus > 15P | Bus | Liv C2           | C2 | C3 | T3xSx≥5 | CxRx≤4 | VA           | VC |       |
| 2012 | 79    | 29                 | 19   | 63  | 0                    | 0          | 14  | 6                | 56 | 10 | 9       | 1      | 0            | 1  | 287   |
| 2013 | 83    | 31                 | 20   | 66  | 0                    | 0          | 15  | 6                | 58 | 11 | 9       | 1      | 0            | 1  | 301   |
| 2014 | 87    | 32                 | 21   | 69  | 0                    | 0          | 15  | 7                | 61 | 11 | 10      | 2      | 0            | 1  | 316   |
| 2015 | 91    | 34                 | 22   | 73  | 0                    | 0          | 16  | 7                | 64 | 12 | 10      | 2      | 0            | 1  | 332   |

Fuente: Elaboración Propia.

- **PROYECCIONES DEL TRÁFICO**

Para la determinación del volumen de tráfico hasta el horizonte del tramo del proyecto se procedió a analizar los flujos de tráfico que se producirán durante la vida útil del camino bajo la perspectiva de un crecimiento económico basado en las proyecciones del desarrollo del país, tales como TPDA histórico, PIB, consumo de combustible y crecimiento poblacional anteriormente mencionadas.

Para efectos de este análisis, las proyecciones de tráfico se efectúan mediante un proceso simple, basados en las hipótesis que a continuación se describen:

- Se establecen contribuciones de los tráficos definidos con anterioridad, para el año de inicio de operación del camino. Para el año de inicio de operación de la camino se considera que manifestarán dos tipos de tráficos, esto es Tráfico actual y tráfico generado.
- Se utiliza un porcentaje de crecimiento para las proyecciones geométricas del tráfico del camino, hasta el horizonte del proyecto.
- Se cuantificaron los volúmenes, asumiendo que sobre el camino existente en la actualidad un tráfico y se proyecta a partir de éstos, en base a las tasas de crecimiento anteriormente expuesta.
- Los volúmenes proyectados son presentados cronológicamente año a año, (tomándose como año de inicio de proyección el año 2015 como año uno de operación del Camino), a fin de presentar el crecimiento del tráfico a lo largo de su vida útil.

- **TRÁFICO ACTUAL**

Este camino a lo largo de los 10 kilómetros de longitud presentan una topografía sinuosa, puesto que se localiza en una zona montañosa, este tramo según los datos de la estación de conteo No.1 realizado el año 2012 tiene un volumen de Tránsito Promedio Diario Anual de 287 vpd, siendo un tráfico eminentemente rural.

## COMPOSICIÓN VEHICULAR

La estructura del TPDA de 287 vpd en el camino: El Jicaral - Santa Rosa del Peñón, está conformada de la siguiente manera, ver tabla No.19.

**TABLA No.19: COMPOSICIÓN VEHICULAR**

| TIPO DE VEHÍCULO | Vehículos Livianos | Vehículos de Pasajeros | Vehículos de Carga o Pesados |
|------------------|--------------------|------------------------|------------------------------|
| %                | 66%                | 7%                     | 27%                          |

Fuente: Elaboración Propia

## TRÁFICO FUTURO

El Tráfico Futuro estará compuesto por los siguientes componentes:

- Tráfico Normal
- Tráfico Generado
- Tráfico Atraído

Tráfico Futuro = Tráfico Normal + Tráfico Generado + Tráfico Atraído

### • TRÁFICO NORMAL

El Tráfico Normal comprende el flujo que actúa en la carretera y crece como consecuencia de la dinámica económica del país, independiente de la mejora que se le haga a la vía.

Para proyectar el tráfico promedio diario anual TPDA del camino, se multiplicaron los diferentes tipos de vehículos que conforman el flujo vehicular; por la tasa de crecimiento del (5%) anteriormente calculada, proyectando el TPDA a lo largo de su vida útil, hasta el año 2035

**TABLA No.17: PROYECCION DEL TRÁFICO NORMAL CON UNA TASA DE CRECIMIENTO DEL 5%.**

| PROYECCION DEL TRAFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL (VPD) PERÍODO 2012-2035 |       |       |      |     |     |        |     |    |       |       |    |       |
|--|-------|-------|------|-----|-----|--------|-----|----|-------|-------|----|-------|
| AÑO  | Motos | Autos | Jeep | Cta | Bus | Liv C2 | C2  | C3 | T3-S2 | C3-R2 | VC | Total |
| 2012   | 79    | 29    | 19   | 63  | 14  | 6      | 56  | 10 | 9     | 1     | 1  | 287   |
| 2013   | 83    | 31    | 20   | 66  | 15  | 6      | 58  | 11 | 9     | 1     | 1  | 301   |
| 2014   | 87    | 32    | 21   | 69  | 15  | 7      | 61  | 11 | 10    | 2     | 1  | 316   |
| 2015   | 91    | 34    | 22   | 73  | 16  | 7      | 64  | 12 | 10    | 2     | 1  | 332   |
| 2016   | 96    | 36    | 23   | 76  | 17  | 7      | 68  | 13 | 11    | 2     | 1  | 349   |
| 2017   | 101   | 38    | 24   | 80  | 18  | 8      | 71  | 13 | 11    | 2     | 1  | 366   |
| 2018   | 106   | 39    | 25   | 84  | 19  | 8      | 74  | 14 | 12    | 2     | 1  | 384   |
| 2019   | 111   | 41    | 27   | 88  | 20  | 9      | 78  | 15 | 12    | 2     | 1  | 404   |
| 2020   | 116   | 44    | 28   | 93  | 21  | 9      | 82  | 15 | 13    | 2     | 1  | 424   |
| 2021   | 122   | 46    | 29   | 98  | 22  | 9      | 86  | 16 | 14    | 2     | 1  | 445   |
| 2022   | 128   | 48    | 31   | 102 | 23  | 10     | 90  | 17 | 14    | 2     | 1  | 467   |
| 2023   | 135   | 50    | 32   | 108 | 24  | 10     | 95  | 18 | 15    | 2     | 1  | 490   |
| 2024   | 141   | 53    | 34   | 113 | 25  | 11     | 100 | 19 | 16    | 3     | 1  | 515   |
| 2025   | 149   | 56    | 36   | 119 | 26  | 11     | 105 | 20 | 16    | 3     | 1  | 541   |
| 2026   | 156   | 58    | 37   | 125 | 28  | 12     | 110 | 21 | 17    | 3     | 1  | 568   |
| 2027   | 164   | 61    | 39   | 131 | 29  | 13     | 116 | 22 | 18    | 3     | 2  | 596   |
| 2028   | 172   | 64    | 41   | 137 | 30  | 13     | 121 | 23 | 19    | 3     | 2  | 626   |
| 2029   | 181   | 68    | 43   | 144 | 32  | 14     | 127 | 24 | 20    | 3     | 2  | 657   |
| 2030   | 190   | 71    | 45   | 151 | 34  | 15     | 134 | 25 | 21    | 3     | 2  | 690   |
| 2031   | 199   | 74    | 48   | 159 | 35  | 15     | 140 | 26 | 22    | 4     | 2  | 725   |
| 2032   | 209   | 78    | 50   | 167 | 37  | 16     | 147 | 27 | 23    | 4     | 2  | 761   |
| 2033   | 219   | 82    | 53   | 175 | 39  | 17     | 155 | 29 | 24    | 4     | 2  | 799   |
| 2034   | 230   | 86    | 55   | 184 | 41  | 18     | 163 | 30 | 26    | 4     | 2  | 839   |
| 2035   | 242   | 91    | 58   | 193 | 43  | 19     | 171 | 32 | 27    | 4     | 2  | 881   |

Fuente: Elaboración Propia

- **TRÁFICO GENERADO**

Este es el tráfico que crecerá en los dos primeros años como efectos de los ahorros de tiempo y de los costos de operación vehicular, por las mejores en las condiciones de rodamiento y geometría del camino; el que luego pasará a formar parte del tráfico normal.

Para estimar el Tráfico Generado, se considera que la rehabilitación de la superficie de rodamiento desarrollará un aumento en la economía de la zona de influencia del proyecto y en el volumen de tráfico.

El tráfico generado se cuantifica como una parte porcentual del tráfico normal para cada tipo de vehículo, o sea que la base del cálculo del tráfico desarrollado es el tráfico normal del año de inicio del proyecto.

A continuación mostramos las partes porcentuales del tráfico generado utilizadas en diversos proyectos de Nicaragua, realizados y supervisados por el MTI en la división de Pre – Inversión, pertenecientes a la división de Planificación.

Los datos mostrados parten de nuestro año base 2015, para el cual posteriormente se establecerá el tráfico futuro hasta el año 2035, ya que la vida útil del proyecto es de 20 años, ver tabla No.18.

**TABLA No.18: TRÁFICO GENERADO DE OTROS PROYECTOS**

| <b>TRAFICO GENERADO DE DIVERSOS PROYECTOS EN NICARAGUA</b> |                         |                         |
|--|-------------------------|-------------------------|
| <b>PROYECTO</b>  | <b>% TRAF. GENERADO</b> | <b>PROMEDIO % T - G</b> |
| Esquipulas - Muy Muy                                       | 1.29                    | 10.69%                  |
| Cárdenas - Colon   | 22.93                   |                         |
| Nueva Guinea   | 5.5                     |                         |
| Terrabona - Terrabona                                      | 5                       |                         |
| Comalapa - Camoapa   | 13.81                   |                         |
| Empalme Santa Rosa - Comalapa                              | 15.62                   |                         |
|  |                         |                         |
|  |                         |                         |

Fuente: MTI, División de Pre – Inversión.

Como podrá notarse los porcentajes del tráfico generado oscilan entre 1.29 y 22.93%, dando como resultado un promedio de 10.7% para los proyectos arriba mostrados. Cabe mencionar que el Ministerio de Transporte e Infraestructura recomienda que dicho valor no sobrepase del 10%.

En base a la información mostrada y las recomendaciones del MTI, consideramos apropiado aplicar una tasa del 4% para el tráfico generado, el cual se muestra en la siguiente tabla.

**TABLA No.19: TRÁNSITO GENERADO**

| TRÁFICO GENERADO (VPD) CON UNA TASA DE CRECIMIENTO DEL 4% |       |       |      |     |     |        |    |    |       |       |    |       |
|---|-------|-------|------|-----|-----|--------|----|----|-------|-------|----|-------|
| AÑO   | Motos | Autos | Jeep | Cta | Bus | Liv C2 | C2 | C3 | T3-S2 | C3-R2 | VC | Total |
| 2015  | 4     | 1     | 1    | 3   | 1   | 0      | 3  | 0  | 0     | 0     | 0  | 13    |
| 2016  | 4     | 1     | 1    | 3   | 1   | 0      | 3  | 1  | 0     | 0     | 0  | 14    |
| 2017  | 4     | 2     | 1    | 3   | 1   | 0      | 3  | 1  | 0     | 0     | 0  | 15    |
| 2018  | 4     | 2     | 1    | 3   | 1   | 0      | 3  | 1  | 0     | 0     | 0  | 15    |
| 2019  | 4     | 2     | 1    | 4   | 1   | 0      | 3  | 1  | 0     | 0     | 0  | 16    |
| 2020  | 5     | 2     | 1    | 4   | 1   | 0      | 3  | 1  | 1     | 0     | 0  | 17    |
| 2021  | 5     | 2     | 1    | 4   | 1   | 0      | 3  | 1  | 1     | 0     | 0  | 18    |
| 2022  | 5     | 2     | 1    | 4   | 1   | 0      | 4  | 1  | 1     | 0     | 0  | 19    |
| 2023  | 5     | 2     | 1    | 4   | 1   | 0      | 4  | 1  | 1     | 0     | 0  | 20    |
| 2024  | 6     | 2     | 1    | 5   | 1   | 0      | 4  | 1  | 1     | 0     | 0  | 21    |
| 2025  | 6     | 2     | 1    | 5   | 1   | 0      | 4  | 1  | 1     | 0     | 0  | 22    |
| 2026  | 6     | 2     | 1    | 5   | 1   | 0      | 4  | 1  | 1     | 0     | 0  | 23    |
| 2027  | 7     | 2     | 2    | 5   | 1   | 1      | 5  | 1  | 1     | 0     | 0  | 24    |
| 2028  | 7     | 3     | 2    | 5   | 1   | 1      | 5  | 1  | 1     | 0     | 0  | 25    |
| 2029  | 7     | 3     | 2    | 6   | 1   | 1      | 5  | 1  | 1     | 0     | 0  | 26    |
| 2030  | 8     | 3     | 2    | 6   | 1   | 1      | 5  | 1  | 1     | 0     | 0  | 28    |
| 2031  | 8     | 3     | 2    | 6   | 1   | 1      | 6  | 1  | 1     | 0     | 0  | 29    |
| 2032  | 8     | 3     | 2    | 7   | 1   | 1      | 6  | 1  | 1     | 0     | 0  | 30    |
| 2033  | 9     | 3     | 2    | 7   | 2   | 1      | 6  | 1  | 1     | 0     | 0  | 32    |
| 2034  | 9     | 3     | 2    | 7   | 2   | 1      | 7  | 1  | 1     | 0     | 0  | 34    |
| 2035  | 10    | 4     | 2    | 8   | 2   | 1      | 7  | 1  | 1     | 0     | 0  | 35    |

Fuente: Elaboración Propia.

### • TRÁFICO ATRAÍDO

Se denomina tráfico atraído al volumen de vehículos que se integran al flujo de una carretera recién construida o recién rehabilitada, presentando una alternativa de viaje que puede ser seleccionada en función de diversos parámetros, tales como: menor distancia, diseño geométrico, transmite mayor seguridad al usuario, un entorno paisajístico agradable, entre otros.

En el caso particular de la vía, no representa desde el punto de vista grafico una vía alterna de viaje, ya que es el único acceso entre el origen-destino en estudio, así que podemos considerar que no afectará un tráfico atraído después que se concluya el Proyecto.

- **TRÁFICO TOTAL.**

El Tráfico Total es igual a la suma de los volúmenes proyectados del Tráfico Normal más los volúmenes proyectados del Tráfico generado.

**TABLA No.20: TRÁFICO TOTAL.**

| PROYECCION DEL TRÁFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL (TPDA) PERÍODO 2015-2035 (VPD) <sup>2</sup> |       |       |      |     |     |        |     |    |       |       |    |       |
|--|-------|-------|------|-----|-----|--------|-----|----|-------|-------|----|-------|
| TASA DE CRECIMIENTO DEL 5%<br>TRÁNSITO GENERADO DEL 4%                                   |       |       |      |     |     |        |     |    |       |       |    |       |
| AÑO  | Motos | Autos | Jeep | Cta | Bus | Liv C2 | C2  | C3 | T3-S2 | C3-R2 | VC | Total |
| 2015   | 95    | 35    | 23   | 76  | 17  | 7      | 67  | 12 | 11    | 2     | 1  | 345   |
| 2016   | 100   | 37    | 24   | 79  | 18  | 8      | 70  | 13 | 11    | 2     | 1  | 363   |
| 2017   | 105   | 39    | 25   | 83  | 18  | 8      | 74  | 14 | 12    | 2     | 1  | 381   |
| 2018   | 110   | 41    | 26   | 88  | 19  | 8      | 77  | 14 | 12    | 2     | 1  | 400   |
| 2019   | 115   | 43    | 28   | 92  | 20  | 9      | 81  | 15 | 13    | 2     | 1  | 420   |
| 2020   | 121   | 45    | 29   | 97  | 21  | 9      | 85  | 16 | 13    | 2     | 1  | 441   |
| 2021   | 127   | 48    | 30   | 101 | 22  | 10     | 90  | 17 | 14    | 2     | 1  | 463   |
| 2022   | 133   | 50    | 32   | 107 | 24  | 10     | 94  | 18 | 15    | 2     | 1  | 486   |
| 2023   | 140   | 52    | 34   | 112 | 25  | 11     | 99  | 18 | 16    | 2     | 1  | 510   |
| 2024   | 147   | 55    | 35   | 117 | 26  | 11     | 104 | 19 | 16    | 3     | 1  | 536   |
| 2025   | 154   | 58    | 37   | 123 | 27  | 12     | 109 | 20 | 17    | 3     | 1  | 562   |
| 2026   | 162   | 61    | 39   | 129 | 29  | 13     | 114 | 21 | 18    | 3     | 2  | 591   |
| 2027   | 170   | 64    | 41   | 136 | 30  | 13     | 120 | 22 | 19    | 3     | 2  | 620   |
| 2028   | 179   | 67    | 43   | 143 | 32  | 14     | 126 | 24 | 20    | 3     | 2  | 651   |
| 2029   | 188   | 70    | 45   | 150 | 33  | 14     | 132 | 25 | 21    | 3     | 2  | 684   |
| 2030   | 197   | 74    | 47   | 157 | 35  | 15     | 139 | 26 | 22    | 4     | 2  | 718   |
| 2031   | 207   | 77    | 50   | 165 | 37  | 16     | 146 | 27 | 23    | 4     | 2  | 754   |
| 2032   | 217   | 81    | 52   | 174 | 38  | 17     | 153 | 29 | 24    | 4     | 2  | 791   |
| 2033   | 228   | 85    | 55   | 182 | 40  | 18     | 161 | 30 | 25    | 4     | 2  | 831   |
| 2034   | 240   | 90    | 57   | 191 | 42  | 18     | 169 | 32 | 27    | 4     | 2  | 872   |
| 2035   | 252   | 94    | 60   | 201 | 44  | 19     | 177 | 33 | 28    | 4     | 2  | 916   |

Fuente: Elaboración propia.

- **CLASIFICACIÓN FUNCIONAL DEL TRAMO DE CARRETERA: EL JICARAL- SANTA ROSA DEL PEÑON.**

El tramo en estudio se encuentra ubicado en el Municipio de Santa Rosa del Peñón, perteneciente al Departamento de León en los que se encuentran tramos adoquinados, revestidos, todo tiempo y estación seca.

La clasificación de las carreteras del país, fue definida en cinco tipos:

|   |         |                      |
|---|---------|----------------------|
| 1 | TP..... | Troncal Principal    |
| 2 | TS..... | Troncal Secundaria   |
| 3 | CP..... | Colectora Principal  |
| 4 | CS..... | Colectora Secundaria |
| 5 | CV..... | Camino Vecinal       |

El TRAMO EL JICARAL-SANTA ROSA DEL PEÑON se Clasifica como Colectora Secundaria (CS), según clasificación funcional de la Red Vial básica de Nicaragua (Ver anexo VIII), Publicada por el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI).

- **PERIODO DE DISEÑO**

El término de periodo de diseño es algunas veces considerado sinónimo de periodo de análisis de tráfico, Dado que el tráfico no puede ser supuesto con precisión por un periodo muy largo, el periodo de diseño de 20 años es el comúnmente empleado en el procedimiento de diseño de pavimento.

Para el presente diseño de pavimento rígido se tomará un periodo de 20 años de vida útil del proyecto.



- **NÚMERO DE REPETICIONES ESPERADAS PARA CADA EJE.**

Toda la información referida al tráfico termina siendo empleada para conocer el número de repeticiones esperadas, durante todo el periodo de diseño, de cada tipo de eje. Para poder conocer estos valores tendremos que conocer varios factores referentes al tránsito, como lo es el tránsito promedio diario anual (TPDA), el % que representa cada tipo de eje en el TPDA, el factor de crecimiento del tráfico, el factor de sentido, el factor de carril y el periodo de diseño.

Repeticiones Esperadas:

$$Re = TPDA * \%Te * FS * FC * FCA * 365 * Pd$$

Donde: *TPDA = Tránsito Promedio Diario Anual.*

*% Te = % TPDA de Vehiculos Cargados*

*FS = Factor de Sentido.*

*FC = Factor de Carril.*

*FCA: Factor de Crecimiento Anual*

*365 = Dias de un Año.*

*Pd = Periodo de Diseño*

**TPDA:** Como se mencionó anteriormente los valores del tránsito promedio diario anual serán los obtenidos para el año 2015.

**TABLA No.21: TPDA DEL AÑO BASE**

| PROYECCION DEL TRÁFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL (TPDA)Ⓢ   |       |       |      |     |     |        |    |    |       |       |    |       |
|--|-------|-------|------|-----|-----|--------|----|----|-------|-------|----|-------|
| TASA DE CRECIMIENTO DEL 5%<br>TRÁNSITO GENERADO DEL 4% |       |       |      |     |     |        |    |    |       |       |    |       |
| AÑO  | Motos | Autos | Jeep | Cta | Bus | Liv C2 | C2 | C3 | T3-S2 | C3-R2 | VC | Total |
| 2015   | 95    | 35    | 23   | 76  | 17  | 7      | 67 | 12 | 11    | 2     | 1  | 345   |

Fuente: Elaboración Propia.

## **PORCENTAJE DE VEHICULOS PRESADOS (%Te)**

Para efectos del este trabajo, asumiremos que todos los vehículos están cargados, tomando la situación más crítica de viaje, por lo tanto el %Te = 1.

## **FACTOR DE SENTIDO (FS).**

El factor de sentido se emplea para diferenciar las vialidades de un sentido de las de doble sentido, de manera que para vialidades en doble sentido se utiliza un factor de 0.5 y para vialidades en un solo sentido un factor de 1.0.

Se usara un factor de sentido de FS = 0.5 ya que la carretera está constituida por dos carriles, uno por sentido.

## **FACTOR DE CARRIL (FC).**

Después de ser afectado el tráfico por el factor de sentido, también debemos de analizar el número de carriles por sentido mediante el factor de carril. Para nuestro tramo es de FC = 1, ya que la carretera posee un carril por sentido.

## **FACTOR DE CRECIMIENTO ANUAL (FCA).**

Para conocer el factor de crecimiento anual se requiere únicamente el periodo de diseño, en años, y la tasa de crecimiento anual; con estos datos podemos calcularlo de manera rápida mediante la siguiente expresión.

$$FCA = ((1 + g)^n - 1) / (g * n)$$

Donde:

*FC = Factor de Crecimiento Anual.*

*n = Vida Util en años = 20 Años*

*g = Tasa de Crecimiento Anual = 5%*

Con todos los datos requeridos ya conocidos procedemos a calcular el factor de crecimiento anual del tráfico (FCA).

$$FCA = (1 + 0.05)^{20} - 1 / (0.05 * 20) = 1.65$$

- **CÁLCULO DE REPETICIONES ESPERADAS (Re)**

Una vez obtenidos los datos requeridos, se procede al cálculo del tránsito de diseño o repeticiones esperadas, se tomará para ejemplo el tpd del automóvil, se procederá a hacer el cálculo mediante la siguiente ecuación:

$$Re = TPDA * \%TE * FS * FC * FCA * 365 * Pd$$

$$Re = 35 * 1 * 0.5 * 1 * 1.65 * 365 * 20$$

$$Re = 210,788$$

De igual manera, como se calcularon las repeticiones esperadas para el automóvil de este tramo, de igual forma se realizaron los cálculos para cada tipo de vehículo a como se muestra en la tabla No.22, se procedió a la clasificación de peso por ejes conforme al diagrama de cargas permisibles del MTI, (ver anexo IX).

**TABLA No.22: REPETICIONES ESPERADAS**

| <i>Re = TPDA *%Te*FS*FC*FCA*365*Pd</i> |              |      |     |                   |                  |                       |              |    |                                |
|--|--------------|------|-----|-------------------|------------------|-----------------------|--------------|----|--------------------------------|
| TIPO DE VEHICULO                       | PESO POR EJE | TPDA | %Te | FACTOR DE SENTIDO | FACTOR DE CARRIL | FACTOR DE CRECIMIENTO | DÍAS DEL AÑO | Pd | REP. ESP. EN TODA LA VIDA UTIL |
| Autos                                  | 2.2          | 35   | 1   | 0.5               | 1                | 1.65                  | 365          | 20 | 210,788                        |
|  | 2.2          |      | 1   | 0.5               | 1                | 1.65                  | 365          | 20 | 210,788                        |
| Jeep                                   | 2.2          | 23   | 1   | 0.5               | 1                | 1.65                  | 365          | 20 | 138,518                        |
|  | 2.2          |      | 1   | 0.5               | 1                | 1.65                  | 365          | 20 | 138,518                        |
| Camioneta                              | 2.2          | 76   | 1   | 0.5               | 1                | 1.65                  | 365          | 20 | 457,710                        |
|  | 4.4          |      | 1   | 0.5               | 1                | 1.65                  | 365          | 20 | 457,710                        |
| Bus                                    | 11           | 17   | 1   | 0.5               | 1                | 1.65                  | 365          | 20 | 102,383                        |
|  | 22           |      | 1   | 0.5               | 1                | 1.65                  | 365          | 20 | 102,383                        |
| Liv 2-5 Ton                            | 8.8          | 7    | 1   | 0.5               | 1                | 1.65                  | 365          | 20 | 42,158                         |
|  | 17.6         |      | 1   | 0.5               | 1                | 1.65                  | 365          | 20 | 42,158                         |
| C2 5 + Ton                             | 11           | 67   | 1   | 0.5               | 1                | 1.65                  | 365          | 20 | 403,508                        |
|  | 22           |      | 1   | 0.5               | 1                | 1.65                  | 365          | 20 | 403,508                        |
| C3                                     | 11           | 12   | 1   | 0.5               | 1                | 1.65                  | 365          | 20 | 72,270                         |
|  | *T 36.3      |      | 1   | 0.5               | 1                | 1.65                  | 365          | 20 | 72,270                         |
| T3-S2                                  | 11           | 11   | 1   | 0.5               | 1                | 1.65                  | 365          | 20 | 66,248                         |
|  | *T 35.2      |      | 1   | 0.5               | 1                | 1.65                  | 365          | 20 | 66,248                         |
|  | *T 35.2      |      | 1   | 0.5               | 1                | 1.65                  | 365          | 20 | 66,248                         |
| C3-R2                                  | 11           | 2    | 1   | 0.5               | 1                | 1.65                  | 365          | 20 | 12,045                         |
|  | *T35.2       |      | 1   | 0.5               | 1                | 1.65                  | 365          | 20 | 12,045                         |
|  | 8.8          |      | 1   | 0.5               | 1                | 1.65                  | 365          | 20 | 12,045                         |
|  | 8.8          |      | 1   | 0.5               | 1                | 1.65                  | 365          | 20 | 12,045                         |

Fuente: Elaboración Propia.

**• CALCULO DE PESO POR EJE Y FACTOR DE SEGURIDAD DE CARGA.**

Una vez obtenidos los datos requeridos, se procede al cálculo de peso por tipo de eje y por factor de seguridad de carga, se tomara para ejemplo el valor de 22.0 y se procederá a hacer el cálculo mediante la siguiente ecuación:

22.0= (Suma de cantidad de valores iguales que se repiten)

22.0= (102,383+403,508)=505,891

De igual forma se repetirá para todos los valores de ejes sencillo y ejes dobles a como se muestra en las tablas No. 24 y 25.

Los factores de seguridad de carga recomendados son:

**TABLA No.23: FACTORES DE SEGURIDAD DE CARGA**

|            |  |
|------------|--|
| <b>1.3</b> | <b>Altos volúmenes de tráfico pesado y cero mantenimientos.</b>  |
| <b>1.2</b> | Para Autopistas o vialidades de varios carriles en donde se presentara un flujo ininterrumpido de tráfico y altos volúmenes de tráfico pesado. |
| <b>1.1</b> | Autopistas y vialidades urbanas con volúmenes moderados de tráfico pesado.   |
| <b>1</b>   | Caminos y calles secundarias con muy poco tráfico pesado.  |

Fuente: Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos.

En el presente diseño tomaremos un FSL = 1.1, para vialidades con volúmenes de tráficos pesado moderados.

**TABLA No.24: REPETICIONES ESPERADAS EJES SENCILLOS, FSL =1.1**

| <b>REPETICIONES ESPERADAS EJES SENCILLOS, FSL=1.1</b> |            |                   |                     |
|---|------------|-------------------|---------------------|
| <b>PESO (KIPS)</b>                                    | <b>FSL</b> | <b>PESO X FSL</b> | <b>REPETICIONES</b> |
| 22  | 1.1        | 24.2              | 505,890             |
| 17.6  | 1.1        | 19.4              | 42,158              |
| 11  | 1.1        | 12.1              | 656,453             |
| 8.8   | 1.1        | 9.7               | 66,248              |
| 4.4   | 1.1        | 4.8               | 457,710             |
| 2.2   | 1.1        | 2.4               | 1156,320            |

Fuente: Elaboración Propia

**TABLA No.25: REPETICIONES ESPERADAS EJES DOBLES, FSL = 1.1**

| <b>REPETICIONES ESPERADAS EJES DOBLES, FSL=1.1</b> |            |                   |                     |
|--|------------|-------------------|---------------------|
| <b>PESO (KIPS)</b>                                 | <b>FSL</b> | <b>PESO X FSL</b> | <b>REPETICIONES</b> |
| 36.3   | 1.1        | 39.9              | 72,270              |
| 35.2   | 1.1        | 38.7              | 144,540             |

Fuente: Elaboración Propia

#### ➤ **CAPITULO IV: DISEÑO DE ESPESOR DE PAVIMENTO RIGIDO**

La Portland Cement Association (P.C.A), publico en 1966 un procedimiento para el diseño de espesores de pavimentos, basados en el concepto de “consumo de resistencia”. En este método se calculan las tensiones que produce el tránsito en cada rango de carga, comparándolas con la resistencia de diseño adoptada denominando la relación de ellas como “razón de esfuerzos”. De acuerdo a este valor se establece el número de repeticiones permitidas en cada rango de carga, que comparado con el número de repeticiones esperadas, permite establecer un porcentaje de consumo de resistencia por cada rango de carga, cuya suma no debe exceder de un 100%.

Las principales ventajas de un pavimento de concreto hidráulico son las siguientes: Durabilidad, bajo costo de mantenimiento, seguridad, altos índices de servicios y mejor distribución de esfuerzos bajo las losas.

Este método se basa en dos criterios de diseño:

**FATIGA:** Esta sirve para mantener los esfuerzos que se producen dentro de los límites de seguridad, ya que el paso de cargas sobre las losas del pavimento produce esfuerzos que se convierten en agrietamientos.

**EROSION:** Este sirve para limitar los efectos de deflexión que se producen en los bordes de las losas, juntas y esquinas del pavimento; también para tener control sobre la erosión que se produce en la sub-base o subrasante y los materiales que conforman los hombros.

- **FACTORES DE DISEÑO**
- **RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO**

La consideración de la resistencia a la flexión del concreto es aplicable en el procedimiento de diseño para el criterio de fatiga que controla el agrietamiento del pavimento bajo la repetición de cargas, ver tabla No.26.

**TABLA No.26: MODULO DE RUPTURA RECOMENDADO**

| TIPO DE PAVIMENTO   | MR RECOMENDADO     |       |
|---------------------|--------------------|-------|
|                     | Kg/cm <sup>2</sup> | psi   |
| Autopistas          | 48                 | 682.7 |
| Carreteras          | 48                 | 682.7 |
| Zonas Industriales  | 45                 | 640.1 |
| Urbanas Principales | 45                 | 640.1 |
| Urbanas Secundarias | 42                 | 597.4 |

Fuente: Pavimento de Concreto, CEMEX.

Los valores recomendados para el Modulo de Ruptura varían desde 41 Kg/cm<sup>2</sup> (583 psi) hasta 50 Kg/cm<sup>2</sup> (711 psi) a 28 días, dependiendo del uso que vayan a tener.

Para el presente diseño se utilizara un módulo de ruptura (MR) de 45 Kg/cm<sup>2</sup> (640.1 psi), ya que el tramo en estudio no es una vía por la cual circule una gran cantidad de vehículos.

- **TERRENO DE APOYO O BASE**

El soporte dado a los pavimentos de concreto por la base y la sub-base, es el segundo factor en el diseño de espesores. El terreno de apoyo está definido en términos del módulo de reacción de la sub-rasante de Westergaard (k). Es igual a la carga en libras por pulgadas cuadrada (un plato de 30" de diámetro) dividido entre la deformación en pulgadas que provoca dicha carga.

Los valores de k son expresados como libras por pulgada cuadrada por pulgada (psi / in) o más comúnmente, por libras por pulgada cubica (pci).

Teniendo en cuenta que el C.B.R de diseño es 12.5 %, utilizamos la Figura Relación aproximada entre las Clasificaciones del Suelo y sus valores de Resistencia (ver anexo X), Obteniéndose un K de la subrasante de 215 PCI, sin embargo debido a que colocaremos una capa base de 6 pulgadas; el valor de K se incrementa, resultando en un nuevo K de 245 PCI.

Los valores de diseño de módulo de sub-reacción (k) para bases granular se muestran en la tabla No.27.

**TABLA No.27: INCREMENTO DEL K DEL SUELO, SEGÚN EL ESPESOR DE UNA BASE GRANULAR**

| k Suelo - Sub-base (pci) |                        |     |     |     |
|--------------------------|------------------------|-----|-----|-----|
| k del Suelo (pci)        | Espesor de la sub-base |     |     |     |
|                          | 4"                     | 6"  | 9"  | 12" |
| 50                       | 65                     | 75  | 85  | 110 |
| 100                      | 130                    | 140 | 160 | 190 |
| 200                      | 220                    | 230 | 270 | 320 |
| 300                      | 320                    | 330 | 370 | 430 |

Fuente: Pavimento de Concreto, CEMEX.

K=245

- **TIPO DE JUNTA**

La utilización de pasajuntas es la manera más conveniente de lograr la efectividad en la transferencia de carga; una condicionante para utilizar pasajuntas es que el tráfico pesado sea mayor al 25% del tráfico total.

El tráfico pesado es de 27%, el cual excede el límite antes mencionado por 2%, sin embargo considerando que el uso de pasajuntas aumenta considerablemente el costo del proyecto, concluimos no utilizar pasajuntas, ya que la diferencia del excedente es muy poca, (Ver anexo XXIII).



- **HOMBROS**

Los hombros, son las áreas de la carretera contigua a los carriles de circulación, y que tienen su justificación en:

La necesidad de proveer espacios para acomodar los vehículos que ocasionalmente sufren desperfectos durante su recorrido, ya que sin los hombros, los vehículos en problemas se ven obligados a invadir los carriles de circulación, con riesgo para la seguridad del tránsito.

Proporcionan estabilidad estructural al pavimento de los carriles de circulación vehicular, mediante el confinamiento y protección adicional contra la humedad y posibles erosiones.

Para permitir los movimientos peatonales y de bicicletas en ciertas áreas donde la demanda lo justifique.

Proporcionan espacio libre para la instalación de señales verticales de tránsito.

Proporcionan seguridad al usuario de la carretera al tener a su disposición un ancho adicional, fuera de la calzada, para eludir accidentes potenciales o reducir su severidad. Por lo tanto concluimos que es necesario utilizar hombros en toda la longitud de la vía.

- **PROCEDIMIENTO DE DISEÑO**

El método descrito en esta sección es empleado una vez que ya tenemos los datos del tráfico esperado, como el tránsito diario promedio anual y la composición vehicular del tráfico. Con esta información obtenemos el número de repeticiones esperadas para cada tipo de eje durante el periodo de diseño.

En anexo XI se presenta un formato empleado para resolver el diseño de pavimentos, el cual requiere de conocer algunos factores de diseño:

- Tipo de junta y acotamiento.
- Resistencia a la flexión del concreto (MR) a 28 días.
- El valor del módulo de reacción  $k$  del terreno de apoyo.
- Factor de seguridad de la carga (LSF).
- Numero de repeticiones esperadas durante el periodo de diseño para cada tipo y peso de eje.

El método considera dos criterios de diseño:

- Fatiga
- Erosión

El análisis por fatiga (para controlar el agrietamiento), influye principalmente en el diseño de pavimentos de tráfico ligero (calles residenciales y caminos secundarios independientemente de si las juntas tiene o no pasajuntas) y pavimentos con trafico mediano con pasajuntas.

El análisis por erosión (para controlar la erosión del terreno de soporte, bombeo y diferencia de elevación de las juntas), influye principalmente en el diseño de pavimentos con tráfico de mediano a pesado, con transferencia de carga por trabazón de agregados (sin pasajuntas) y pavimentos de tráfico pesado con pasajuntas.

Para pavimentos que tienen una mezcla normal de pesos de ejes, las cargas en los ejes sencillos son usualmente más severas en el análisis por fatiga y las cargas en ejes tandem son más severas en el análisis por erosión.

El diseño del espesor se calcula por tanteos con ayuda del formato de diseño de espesores por el método de la PCA, Los pasos en el procedimiento de diseño son: Primero cargamos los datos de entrada que se presentan en la tabla de cálculo de espesores de pavimento (Ver en anexo XI), (columna 1 a la 3), los datos de la columna 2 son las cargas por eje multiplicadas por el factor de seguridad de carga.

- **ANÁLISIS POR FATIGA**

Se emplean las mismas tablas y figuras para pavimentos con o sin pasajuntas, mientras que la única variable es si se cuenta o no con apoyo lateral, de manera que:

Con apoyo lateral; use la tabla de anexo XIV y la figura de anexo XVII.

Procedimiento:

- Introducir como datos los valores de esfuerzo equivalente en las celdas 8, 11, 14 del formato de diseño de espesores. Estos valores se obtienen de las tablas apropiadas de factores de esfuerzos equivalentes, dependiendo del espesor inicial y el valor  $k$ ,
- Dividir los valores de esfuerzo equivalente entre el módulo de ruptura del concreto, al resultado le llamamos relación de esfuerzos y vamos a obtener una para cada tipo de eje (sencillo, tándem y tridem). Estos valores los anotamos en el formato de diseño de espesores (Ver anexo XI) en las celdas 9, 12 y 15.
- Llenar la columna 4 de “repeticiones permisibles” obtenidas en la figura de anexo XVII.
- Obtener el % de fatiga de cada eje. El % de fatiga se anota en la columna 5 y se obtiene dividiendo las repeticiones esperadas, (columna 3), entre las repeticiones permisibles, (columna 4), por 100; esto se hace para cada eje y posteriormente se suman todos los porcentajes de daño por fatiga para obtener el porcentaje total.

- **ANÁLISIS POR EROSIÓN**

Con apoyo lateral.

- En los pavimentos en que la transferencia de carga se realiza exclusivamente mediante la trabazón de los agregados, use la tabla que está en anexo XV y la figura de anexo XVIII.
- Procedimiento
  - Anote en las celdas 10,13 y 16, del formato de diseño de espesores, los correspondientes factores de erosión obtenidos de la tabla adecuada (ver anexo XI).
  - Calcule las “repeticiones permisibles” con ayuda de la figura que está en anexo XVIII, y anótelos en la columna 6 del formato de diseño de espesores.
  - Calcule el porcentaje de daño por erosión (columna 7) para cada eje dividiendo las repeticiones esperadas (columna 3) entre las repeticiones permitidas (columna 6) y multiplicando el resultado por 100, para posteriormente totalizar el daño por erosión.

Al emplear las gráficas no es necesaria una exacta interpolación de las repeticiones permisibles. Si la línea de intersección corre por encima de la parte superior de la gráfica, se considera que las repeticiones de carga permisibles son ilimitadas.

- **RESULTADOS.**

Se realizó el cálculo de espesores de pavimento siguiendo el procedimiento de la (PCA) antes mencionado, después de haber ingresado los datos correspondientes, en la hoja de cálculo manual establecido por la PCA, también se corroboraron los datos utilizando el programa BA-PCA DISEÑO PAVIMENTOS RIGIDOS PCA, como se muestra en anexo XI, se determinó un espesor de losa de 7.5 pulg, el cual nos garantizara que soportara el volumen de vehículos que pasaran durante los próximos 20 años. Ver tabla No.28.

**TABLA No.28: RESULTADO DEL CALCULO DE ESPESORES DE PAVIMENTO**

| <b>TABLA DE RESULTADOS</b>          |                 |
|-------------------------------------|-----------------|
| <b>Resistencia K del Apoyo</b>      | <b>245</b>      |
| <b>Espesor de Losa</b>              | <b>7.5 pulg</b> |
| <b>Modulo de Rotura</b>             | <b>640.1pci</b> |
| <b>Bermas</b>                       | <b>Si</b>       |
| <b>Pasadores</b>                    | <b>No</b>       |
| <b>Factor de seguridad de Carga</b> | <b>1.1</b>      |
| <b>Total % Fatiga</b>               | <b>0%</b>       |
| <b>Total % Erosion</b>              | <b>69.87%</b>   |

Fuente: Elaboración Propia

También se realizaron los cálculos para los espesores de losa de 7 pulgadas y 8 pulgadas, se calculó con el formato manual establecido por la PCA y también se utilizó el programa BA-PCA DISEÑO PAVIMENTOS RIGIDOS PCA, de tal forma que se garantizara el espesor de losa adecuado para el proyecto, ver anexo XII y anexo XIII.

- **MODULACIÓN DE LOSAS**

La modulación de losas se refiere a definir la forma que tendrán los tableros de losas del pavimento. Esta forma se da en base a las dimensiones de tableros, o dicho de otra manera, a la separación entre juntas tanto transversales como longitudinales.

La modulación de losas va a estar regida por la separación de las juntas transversales que a su vez depende del espesor del pavimento. Existe una regla práctica que nos permite dimensionar los tableros de losas para inducir el agrietamiento controlado bajo sus cortes, sin necesidad de colocar acero de refuerzo continuo:

$$S_{JT} = (21 \text{ a } 24) D,$$

Donde:

$S_{JT}$  = Separación de Junta Transversal ( $\leq 5.0$  m)

D = Espesor del Pavimento.

Normalmente se utiliza el 21 cuando tenemos mayor fricción entre la sub-base y el pavimento de concreto, como en los casos en donde tenemos bases estabilizadas, bases con textura muy cerrada.

El valor de 24 se utiliza cuando la fricción entre la sub-base y el pavimento corresponde a valores normales, como en el caso de sub-base granulares, para este caso le daremos un valor de 24

La separación de juntas transversales que arroja esta fórmula no deberá ser mayor de 5.0, en tal caso deberá limitarse a este valor

$$S_{JT} = 24 \times 7.5 \text{ pulgadas} \times 0.0254 \text{ m /pulg} = 4.5 \text{ m} \leq 5 \text{ m. (Ok).}$$

Por lo tanto se estima una separación de juntas transversales de 4.5m  $\leq$  5 m, lo que es adecuado para la inducción del agrietamiento controlado bajo sus cortes.

La otra dimensión que tiene que ver con la modulación de losas es la separación de juntas longitudinales cuyo valor debe de estar entre 3.0 y 4.5 m, que se refiere a la forma de los tableros de losas, para el presente diseño la separación de junta longitudinal será el ancho de carril por sentido, es decir 3m, la forma ideal de un tablero de losa es la cuadrada, sin embargo no siempre es posible y conveniente tener las losas perfectamente cuadradas, por lo que nos vemos obligados a considerar un cierto grado de rectangularidad.

$$0.71 < x/y < 1.4$$

$$0.71 < \frac{4.5}{3} < 1.4$$

$$0.71 < 1.5 < 1.4 \text{ No cumple}$$

La relación largo ancho es de 1.5, no se ajusta al rango establecido por la PCA, por lo que se procederá a establecer un ancho de losa de 4.0 m.

$$0.71 < \frac{4}{3} < 1.4$$

$$0.71 < 1.3 < 1.4 \text{ OK}$$

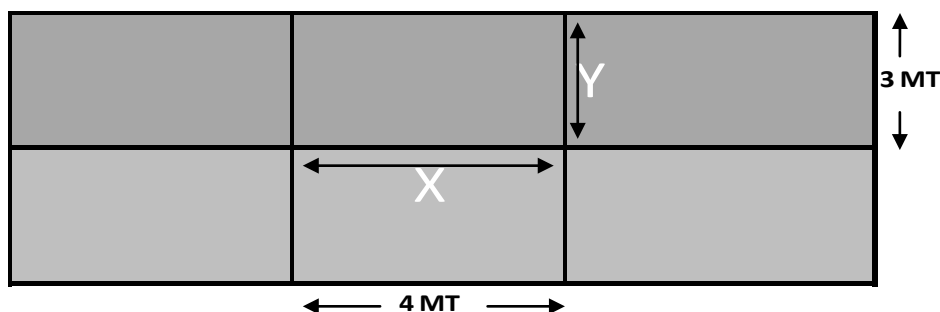
La relación largo ancho es de 1.3, se ajusta perfectamente al rango establecido por la PCA obteniendo las siguientes dimensiones de tablero para el tramo en estudio, ver tabla No.29.

**TABLA No.29: DIMENSIONES DEL TABLERO**

| DIMENSIONES DEL TABLERO |           |                |
|-------------------------|-----------|----------------|
| LARGO (M)               | ANCHO (M) | ESPESOR (PULG) |
| 4                       | 3         | 7.5            |

Fuente: Elaboración Propia

**FIGURA No.30: DIMENSIONES DEL TABLERO**



Fuente: Pavimentos de Concreto, CEMEX.

- **CORTE DE JUNTAS EN EL CONCRETO**

La profundidad del corte es de un tercio del espesor de la losa; en este caso será de 2.5 pulgadas, ya que se determinó un espesor de losa de 7.5 pulgadas.

Este corte deberá realizarse cuando el concreto presente las condiciones de endurecimiento propicias para su ejecución y antes de que se produzcan agrietamientos no controlados. Es importante iniciar el corte en el momento adecuado, ya que de empezar a cortar antes de tiempo podemos generar fallas en las losas, en el caso de realizar el corte en forma tardía se estaría permitiendo que el concreto definiera los patrones de agrietamientos y de nada servirían los cortes por realizar. Este tiempo depende de las condiciones de humedad y clima en la zona, así como de la mezcla de concreto; por lo general, el corte debe iniciar a las 4 ó 6 horas de haber colocado el concreto y deberá terminar antes de 12 horas después del colado.

Deberán realizarse cortes transversales únicamente ya que el corte longitudinal quedara definido por defecto, debido al bombeo de la carpeta, se utiliza formaleta al centro la cual deja definido el corte.

El tipo de disco de corte debe ser escogido dependiendo del tipo de agregado para determinar que composición de material abrasivo cortador es el más indicado.



- **SELLADO DE JUNTAS**

El sellado de juntas es de suma importancia, y su objetivo es minimizar la infiltración de agua superficial y de materiales incomprensibles al interior de la junta y, por ende, al interior del pavimento y de su estructura.

Otra de las características que deben satisfacer las juntas selladas es la capacidad de resistir las repeticiones de contracción y expansión, por cambios de temperatura y humedad.

El problema que puede presentarse con la infiltración de agua al interior del pavimento es el efecto conocido como bombeo. El bombeo es la expulsión de material por agua a través de las juntas. Mientras el agua es expulsada se lleva partículas de grava, arena, arcilla, etc... resultando una progresiva pérdida de apoyo del pavimento.

Los materiales contaminantes granulares causan presiones puntuales de apoyo, que pueden llevar a depositamientos y desprendimientos, además, al no permitir la expansión de las losas de concreto, se pueden presentar levantamientos de losa en la zona de junta.

Se propone utilizar un sello líquido, ya que pueden ser colocados en frío, con un solo componente; son autonivelables, toman la forma del depósito y dependen de gran parte de adhesión de las caras de las juntas para un sellado satisfactorio.

- **CONCLUSIONES**

## **ESTUDIO DE SUELO**

En general y según los resultados obtenidos de las pruebas de laboratorio, los estratos de suelos existentes a todo lo largo del camino presentan una clasificación bastante regular y homogénea, principalmente en las capas superficiales, en donde el suelo predominante es del tipo A-2-6(0) Y A-2-4(0), los que posiblemente no son suelos naturales del camino, sino que obedecen a material colocado que ha sido sometido anteriormente a mantenimiento, los cuales se encontraron a una profundidad máxima de 1.5 m.

Debido a esto, se determinó un C.B.R sobre la línea de 12.5% para el tramo en estudio, y se mejorara colocando una capa base de 6 pulg, dicho valor fue considerado, porque si se toma un valor mayor, los volúmenes de material a utilizarse se aumentarían considerablemente, y si se tomara un dato menor a este se aumentaría el espesor de la losa de concreto y ambas situaciones nos elevarían considerablemente los costos del proyecto.

El volumen aproximado de material a utilizarse es de 9,144 m<sup>3</sup> que sería cubierto con material proveniente del banco Las Lomas #2, para cimentar la estructura de pavimento.

## **BANCOS DE MATERIALES**

El banco cuenta con las características necesarias para poder utilizarse como una base según los criterios presentados en la NIC-2000, que estableciendo una comparación podemos concluir con lo siguiente: Desgastes de los Ángeles un 35% aplicable por un 50 % máx. estipulado en la norma, un intemperismo acelerado entre 1% y 15% aplicable a un 12 % máx. a lo que establece la norma. Con respecto al límite líquido este varía entre un 28% y un 37% comparando con lo que establece la norma este parámetro no cumpliría pero teniendo una plasticidad del material relativamente baja este no restringe la aplicación del material a su utilización.

También cumplen con los rangos granulométricos que definen una base con designación de graduación C para porcentajes de partículas que pasan por el Tamiz N° 200 entre 5-15 % y el N° 4 entre 30-60 %.

El banco de material tiene la capacidad necesaria en volumen de explotación ya que excede en un 30% aproximadamente, en volumen que el proyecto demanda.

## **ESTUDIO DE TRÁNSITO**

A partir de los datos obtenidos por la empresa consultora, determinamos el TPDA para nuestro año base, de los cuales resultaron 345 vehículos por día, con dicho resultado procedimos a realizar las respectivas proyecciones con una tasa para el tráfico generado del 4% y una tasa de crecimiento del 5%, año horizonte (2035); obteniéndose los siguientes resultados; 916 vehículos por día, (Ver tabla No.20).

Se analizaron las dos estaciones de conteo, si bien tenían un volumen aproximado de vehículos variaban en el tipo de vehículos, y se determinó utilizar el volumen de la estación de conteo No.1 ya que es la que produce más daño a la vía en cuanto a porcentaje de erosión.

## **ESPESOR DE PAVIMENTO**

Se determinó que el tránsito no produce daños por fatiga pero si produce daños por erosión, dichos daños totales son inferiores al 100%, y ya que provoca los daños más cercanos al 100% sin superar este valor, definimos un espesor de losa de concreto de 7.5 pulgadas.

Se determinó que la modulación de los tableros quedaría definida de la siguiente manera; largo 4.0 m, ancho 3.0 m, de igual manera se determinó que la profundidad de corte de la junta será de 2.5 pulgadas.

El diseño de la losa no contempla pasajuntas, puesto que el tráfico pesado excede el límite antes mencionado por 2% y considerando que el uso de

pasajuntas aumenta considerablemente el costo del proyecto, concluimos no utilizar pasajuntas, ya que la diferencia del excedente es muy poca.

Queda definida una sección transversal de 6 m. de calzada, y la utilización de hombros como soporte lateral, cuya dimensión deberá ser determinada en el diseño geométrico.

- **RECOMENDACIONES**  
**ESTUDIO DE SUELOS**

- Consideramos necesario colocar una capa de base de 6 pulgadas de material granular proveniente del banco de material Lomas No. 2 para mejorar la calidad y la capacidad soporte del suelo existente a lo largo de la vía, para disminuir el espesor de la losa de concreto y para evitar deformaciones en los suelos existentes que puedan provocar daños considerables en la estructura.
- Se recomienda bandear el Material del banco de préstamo para disminuir el riesgo del efecto de expansión y contracción a la base aplicada.
- Recomendamos escarificar y limpiar la superficie de sub-rasante al menos en 20 cm de profundidad y compactar a un mínimo de 95% Proctor Modificado.

#### **ESTUDIO DE TRÁNSITO**

- Recomendamos el control de carga, mediante puestos de control que regulen los vehículos pesados para asegurar la vida útil de la estructura de pavimento y evitar costos adicionales en el mantenimiento del mismo.
- Recomendamos colocar señalizaciones verticales y horizontales a lo largo de la vía para evitar accidentes.

## **ESPESORES DE PAVIMENTO**

- Recomendamos garantizar los espesores de base soporte y de pavimento que se están proponiendo a su vez tener un control de la calidad del concreto hidráulico a colocar en el sitio exigiendo todas las pruebas necesarias, tales como:

Resistencia a la compresión a los 28 días de 25 MPa.

Revenimiento  $40 \pm 20$  mm.

- Se recomienda un eficiente sistema de drenaje que evite estancamiento de aguas superficiales a lo largo de la vía, y la infiltración de las mismas en el cuerpo del pavimento, lo que podría afectar la estabilidad del proyecto durante su vida útil.
- Previo al sellado de las juntas, la abertura de la junta deberá ser limpiada, a fondo, de compuestos de curado, residuos, natas y cualquier otro material ajeno. La limpieza de las caras de la junta afecta directamente su adherencia del sellador al concreto; y una limpieza pobre decrementa su adherencia a la interface con la junta. Lo que reduce significativamente la efectividad del sellador. Se recomienda apegarse a las especificaciones del fabricante.
- Una vez construido el proyecto, se recomienda hacer programaciones para dar mantenimiento a la vía.

- **BIBLIOGRAFIA**

- Alcaldía de El Jicaral. (Entrevistas personales con personal del Área de Planificación y Proyectos)
- Alcaldía de Santa Rosa del Peñón. (Entrevistas personales con personal del Área de Planificación y Proyectos)
- Documento de Estudios de pre factibilidad y evaluación de alternativas de ejecución del proyecto “Mejoramiento del Camino El Jicaral – Santa Rosa del Peñón” realizados por el Ministerio de transporte e infraestructura (MTI).
- Manual de Diseño y Construcción de Pavimentos. (Centro de tecnología de cemento y concreto de CEMEX, autor no especificado)
- Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos. (Consultor. Ing. Jorge Coronado Iturbide.)
- Otros Documentos (Textos de clase del curso de titulación de Obras Viales)

### INTERNET

- Banco Central de Nicaragua (B.C.N), [www.bcn.gob.ni/estadisticas](http://www.bcn.gob.ni/estadisticas)
- Fondo Monetario Internacional. [www.imf.org/external/spanish/index.htm](http://www.imf.org/external/spanish/index.htm)
- Instituto Nicaragüense de Energía ([www.ine.gob.ni](http://www.ine.gob.ni))
- [www.inide.gob.ni](http://www.inide.gob.ni)

**ANEXOS**



## ANEXO I

### DATOS DE LABORATORIOS APLICADOS A SUELOS EXISTENTES.

| SONDEO No. | ESTACIONAMIENTO | MUESTRA No. | PROFUNDIDAD | GRANULOMETRIA   |     |                     |      |     |      |    |      |      |        |        | ENSAYES ADICIONALES |      |       |        |                     |   |
|------------|-----------------|-------------|-------------|-----------------|-----|---------------------|------|-----|------|----|------|------|--------|--------|---------------------|------|-------|--------|---------------------|---|
|            |                 |             |             | 3"              | 2½" | % Que pasa tamiz 2" | 1 ½" | 1"  | 3/4" | ½" | 3/8" | No.4 | No. 10 | No. 40 | No. 200             | L.L% | L.P % | I. P % | Clasificación H.R.B | Tipo de Suelo   |
| 1          | 0+000 B/Der     | 1           | 0.00 - 1.30 |                 |     |                     | 100  | 93  | 79   | 66 | 61   | 49   | 38     | 21     | 10                  | N.P  | N.P   | N.P    | A-1-a (0)           | Grava areno limosa color gris claro.                    |
|            |                 | -           | 1.30 a más  | BOLONES DE RIO. |     |                     |      |     |      |    |      |      |        |        |                     |      |       |        |                     | Bolones de río.   |
| 2          | 0+100 B/Izq     | 2           | 0.00 - 0.50 |                 |     | 100                 | 96   | 87  | 83   | 74 | 69   | 58   | 49     | 33     | 19                  | 48   | 31    | 17     | A-2-7 (0)           | Grava areno arcillosa color rosado claro.               |
|            |                 | 3           | 0.50 - 0.90 |                 |     | 100                 | 91   | 79  | 72   | 67 | 62   | 47   | 42     | 33     | 21                  | 36   | 23    | 13     | A-2-6 (0)           | Grava areno limosa color gris claro.                    |
|            |                 | 4           | 0.90 - 1.50 |                 |     |                     |      |     |      |    | 100  | 92   | 88     | 75     | 63                  | 39   | 25    | 14     | A-6 (2)             | Limo arenoso color amarillento.                         |
| 3          | 0+200 B/Der     | 5           | 0.00 - 0.50 |                 |     | 100                 | 96   | 87  | 83   | 74 | 69   | 58   | 49     | 33     | 19                  | 48   | 31    | 17     | A-2-7 (0)           | Grava areno arcillosa color rosado claro.               |
|            |                 | 6           | 0.50 - 1.50 |                 |     |                     |      | 100 | 95   | 91 | 88   | 73   | 70     | 52     | 32                  | 35   | 21    | 14     | A-2-6 (1)           | Arena gravo limosa color café claro.                    |
| 4          | 0+300 B/Izq     | 7           | 0.00 - 0.60 |                 |     | 100                 | 96   | 87  | 83   | 74 | 69   | 58   | 49     | 33     | 19                  | 48   | 31    | 17     | A-2-7 (0)           | Grava areno arcillosa color rosado claro.               |
|            |                 | 8           | 0.60 - 1.50 |                 |     |                     | 100  | 95  | 83   | 73 | 69   | 60   | 52     | 35     | 25                  | 27   | 17    | 10     | A-2-4 (0)           | Grava areno limosa color gris claro con pintas blancas. |
| 5          | 0+400 B/Der     | 9           | 0.00 - 1.50 |                 |     | 100                 | 96   | 87  | 83   | 74 | 69   | 58   | 49     | 33     | 19                  | 48   | 31    | 17     | A-2-7 (0)           | Grava areno arcillosa color rosado claro.               |
|            |                 |             |             |                 |     |                     |      |     |      |    |      |      |        |        |                     |      |       |        |                     |   |

| SONDEO No. | ESTACIONAMIENTO | MUESTRA No. | PROFUNDIDAD | GRANULOMETRIA |     |                     |      |    |      |    |      |      |        |        | ENSAYES ADICIONALES |      |       |        |                     |   |
|------------|-----------------|-------------|-------------|---------------|-----|---------------------|------|----|------|----|------|------|--------|--------|---------------------|------|-------|--------|---------------------|---|
|            |                 |             |             | 3"            | 2½" | % Que pasa tamiz 2" | 1 ½" | 1" | 3/4" | ½" | 3/8" | No.4 | No. 10 | No. 40 | No. 200             | L.L% | L.P % | I. P % | Clasificación H.R.B | Tipo de Suelo                               |
| 6          | 0+500 B/Izq     | 10          | 0.00 - 0.50 |               |     |                     | 100  | 91 | 83   | 70 | 64   | 50   | 40     | 26     | 17                  | 28   | 16    | 12     | A-2-6 (0)           | Grava areno limosa color café claro.        |
|            |                 | 11          | 0.50 - 1.50 |               |     |                     |      |    |      |    |      | 100  | 99     | 97     | 92                  | 50   | 23    | 27     | A-7-6 (17)          | Arcilla color rosado con pintas blancas.    |
| 7          | 0+600 B/Der     | 12          | 0.00 - 0.80 |               |     |                     | 100  | 91 | 83   | 70 | 64   | 50   | 40     | 26     | 17                  | 28   | 16    | 12     | A-2-6 (0)           | Grava areno limosa color café claro.        |
|            |                 | 13          | 0.80 - 1.50 |               |     |                     |      |    |      |    | 100  | 81   | 79     | 74     | 67                  | 55   | 23    | 32     | A-7-6 (17)          | Arcilla con grava y arena color gris claro. |
| 8          | 0+700 B/Izq     | 14          | 0.00 - 0.60 |               |     |                     | 100  | 91 | 83   | 70 | 64   | 50   | 40     | 26     | 17                  | 28   | 16    | 12     | A-2-6 (0)           | Grava areno limosa color café claro.        |
|            |                 | 15          | 0.60 - 1.50 |               |     |                     |      |    |      |    | 100  | 81   | 79     | 74     | 67                  | 55   | 23    | 32     | A-7-6 (17)          | Arcilla con grava y arena color gris claro. |
| 9          | 0+800 B/Der     | 16          | 0.00 - 0.60 |               |     |                     | 100  | 91 | 83   | 70 | 64   | 50   | 40     | 26     | 17                  | 28   | 16    | 12     | A-2-6 (0)           | Grava areno limosa color café claro.        |
|            |                 | 17          | 0.60 - 1.50 |               |     |                     |      |    |      |    | 100  | 81   | 79     | 74     | 67                  | 55   | 23    | 32     | A-7-6 (17)          | Arcilla con grava y arena color gris claro. |
| 10         | 0+900 B/Izq     | 18          | 0.00 - 0.85 |               |     |                     | 100  | 91 | 83   | 70 | 64   | 50   | 40     | 26     | 17                  | 28   | 16    | 12     | A-2-6 (0)           | Grava areno limosa color café claro.        |
|            |                 | 19          | 0.85 - 1.50 |               |     |                     |      |    |      |    | 100  | 81   | 79     | 74     | 67                  | 55   | 23    | 32     | A-7-6 (17)          | Arcilla con grava y arena color gris claro. |

Fuente: Informe de ensayos de suelos, Lamsa Ingenieros Consultores.

| SONDEO No. | ESTACIONAMIENTO | MUESTRA No. | PROFUNDIDAD | GRANULOMETRIA |     |                     |      |    |    |     |      |      |        |        |         | ENSAYES ADICIONALES |       |       |                     |   |
|------------|-----------------|-------------|-------------|---------------|-----|---------------------|------|----|----|-----|------|------|--------|--------|---------|---------------------|-------|-------|---------------------|---|
|            |                 |             |             | 3"            | 2½" | % Que pasa tamiz 2" | 1 ½" | 1" | ¾" | ½"  | 3/8" | No.4 | No. 10 | No. 40 | No. 200 | L.L %               | L.P % | I.P % | Clasificación H.R.B | Tipo de Suelo                               |
| 11         | 1+000 B/Der     | 20          | 0.00 - 0.70 |               |     |                     | 100  | 83 | 75 | 67  | 57   | 32   | 26     | 18     | 12      | 25                  | 17    | 8     | A-2-4 (0)           | Grava areno limosa color café claro.        |
|            |                 | 21          | 0.70 - 1.50 |               | 100 | 92                  | 73   | 64 | 58 | 50  | 43   | 28   | 23     | 16     | 11      | 40                  | 22    | 18    | A-2-6 (0)           | Grava arenosa con arcilla color café rojiza |
| 12         | 1+100 B/lzq     | 22          | 0.00 - 0.60 |               |     |                     | 100  | 83 | 75 | 67  | 57   | 32   | 26     | 18     | 12      | 25                  | 17    | 8     | A-2-4 (0)           | Grava areno limosa color café claro.        |
|            |                 | 23          | 0.60 - 1.00 |               |     | 100                 | 90   | 81 | 79 | 74  | 70   | 57   | 49     | 36     | 25      | 32                  | 18    | 14    | A-2-6 (0)           | Grava areno arcillosa color café            |
|            |                 | 24          | 1.00 - 1.50 |               |     |                     |      |    |    | 100 | 77   | 55   | 49     | 41     | 30      | 45                  | 20    | 25    | A-2-7 (2)           | Grava arcillosa color gris claro            |
| 13         | 1+200 B/Der     | 25          | 0.00 - 1.50 |               |     |                     | 100  | 74 | 56 | 50  | 46   | 38   | 32     | 23     | 16      | 34                  | 23    | 11    | A-2-6 (0)           | Grava areno limosa color rosado.            |
|            |                 |             |             |               |     |                     |      |    |    |     |      |      |        |        |         |                     |       |       |                     |   |
| 14         | 1+300 B/lzq     | 26          | 0.00 - 0.20 |               |     |                     | 100  | 83 | 75 | 67  | 57   | 32   | 26     | 18     | 12      | 25                  | 17    | 8     | A-2-4 (0)           | Grava areno limosa color café claro.        |
|            |                 | 27          | 0.20 - 0.70 |               |     | 100                 | 94   | 49 | 42 | 34  | 31   | 22   | 16     | 9      | 7       | 38                  | 21    | 17    | A-2-6 (0)           | Grava areno limosa color marrón.            |
|            |                 | -           | 0.70 a más  |               |     |                     |      |    |    |     |      |      |        |        |         |                     |       |       |                     | Roca color marrón                           |
| 15         | 1+400 B/Der     | 28          | 0.00 - 0.60 |               |     |                     | 100  | 83 | 75 | 67  | 57   | 32   | 26     | 18     | 12      | 25                  | 17    | 8     | A-2-4 (0)           | Grava areno limosa color café claro.        |
|            |                 | 29          | 0.60 - 1.50 |               |     |                     |      |    |    | 100 | 97   | 66   | 61     | 55     | 49      | 52                  | 16    | 36    | A-7-6 (10)          | Arcilla gravosa color gris claro.           |

| SONDEO No. | ESTACIONAMIENTO | MUESTRA No. | PROFUNDIDAD | GRANULOMETRIA |     |                     |      |     |    |    |      |      |        |        |         | ENSAYES ADICIONALES |       |        |                     |   |
|------------|-----------------|-------------|-------------|---------------|-----|---------------------|------|-----|----|----|------|------|--------|--------|---------|---------------------|-------|--------|---------------------|---|
|            |                 |             |             | 3"            | 2½" | % Que pasa tamiz 2" | 1 ½" | 1"  | ¾" | ½" | 3/8" | No.4 | No. 10 | No. 40 | No. 200 | L.L%                | L.P % | I. P % | Clasificación H.R.B | Tipo de Suelo                           |
| 16         | 1+500 B/lzq     | 30          | 0.00 - 0.40 |               |     |                     |      |     |    |    |      | 100  | 96     | 88     | 81      | 55                  | 19    | 36     | A-7-6 (19)          | Arcilla limo arenosa color café claro.  |
|            |                 | 31          | 0.40 - 1.10 |               |     |                     |      |     |    |    |      | 100  | 97     | 90     | 75      | 47                  | 21    | 26     | A-7-6 (16)          | Arcilla limo arenosa color gris.        |
|            |                 | 32          | 1.10 - 1.50 |               |     |                     | 100  | 95  | 90 | 78 | 70   | 54   | 43     | 32     | 21      | 38                  | 15    | 23     | A-2-6 (1)           | Grava areno arcillosa color gris claro. |
| 17         | 1+600 B/Der     | 33          | 0.00 - 1.50 |               |     |                     |      |     |    |    |      | 100  | 96     | 88     | 81      | 55                  | 19    | 36     | A-7-6 (19)          | Arcilla limo arenosa color café claro.  |
|            |                 |             |             |               |     |                     |      |     |    |    |      |      |        |        |         |                     |       |        |                     |   |
| 18         | 1+700 B/lzq     | 34          | 0.00 - 0.40 |               |     |                     |      |     |    |    |      | 100  | 96     | 88     | 81      | 55                  | 19    | 36     | A-7-6 (19)          | Arcilla limo arenosa color café claro.  |
|            |                 | 35          | 0.40 - 1.00 |               |     |                     |      |     |    |    |      | 100  | 96     | 87     | 75      | 58                  | 22    | 36     | A-7-6 (19)          | Arcilla limo arenosa color gris.        |
|            |                 | 36          | 1.00 - 1.50 |               |     |                     |      |     |    |    |      | 100  | 90     | 47     | 20      | 31                  | 17    | 14     | A-2-6 (0)           | Arena arcillosa color gris.             |
| 19         | 1+800 B/Der     | 37          | 0.00 - 0.25 |               |     |                     |      |     |    |    |      | 100  | 96     | 88     | 81      | 55                  | 19    | 36     | A-7-6 (19)          | Arcilla limo arenosa color café claro.  |
|            |                 | 38          | 0.25 - 1.00 |               |     |                     |      |     |    |    | 100  | 92   | 64     | 20     | 13      | 27                  | 18    | 9      | A-2-4 (0)           | Arena limosa con grava color gris.      |
|            |                 | 39          | 1.00 - 1.50 |               |     |                     |      | 100 | 99 | 94 | 87   | 67   | 57     | 26     | 11      | 24                  | 11    | 13     | A-2-6 (0)           | Arena gravo limosa color café.          |
| 20         | 1+900 B/lzq     | 40          | 0.00 - 1.50 |               |     | 100                 | 88   | 84  | 77 | 71 | 68   | 60   | 52     | 32     | 19      | 24                  | 14    | 10     | A-2-4 (0)           | Grava areno limosa color gris claro.    |
|            |                 |             |             |               |     |                     |      |     |    |    |      |      |        |        |         |                     |       |        |                     |   |

Fuente: Informe de ensayos de suelos, Lamsa Ingenieros Consultores.

| SONDEO No. | ESTACIONAMIENTO | MUESTRA No. | PROFUNDIDAD | GRANULOMETRIA |     |                     |      |    |     |    |      |      |        |        |         | ENSAYES ADICIONALES |       |        |                     |  |
|------------|-----------------|-------------|-------------|---------------|-----|---------------------|------|----|-----|----|------|------|--------|--------|---------|---------------------|-------|--------|---------------------|--|
|            |                 |             |             | 3"            | 2½" | % Que pasa tamiz 2" | 1 ½" | 1" | ¾"  | ½" | 3/8" | No.4 | No. 10 | No. 40 | No. 200 | L.L %               | L.P % | I. P % | Clasificación H.R.B | Tipo de Suelo                                    |
| 21         | 2+000 B/Der     | 41          | 0.00 - 0.50 |               |     |                     | 100  | 75 | 58  | 47 | 43   | 33   | 27     | 19     | 13      | 25                  | 12    | 13     | A-2-6 (0)           | Grava limosa color café claro.                   |
|            |                 | 42          | 0.50 - 1.50 |               |     |                     |      |    |     |    |      | 100  | 98     | 65     | 21      | 39                  | 19    | 20     | A-2-6 (1)           | Arena arcillosa color gris claro.                |
| 22         | 2+100 B/Izq     | 43          | 0.00 - 0.40 |               |     |                     | 100  | 75 | 58  | 47 | 43   | 33   | 27     | 19     | 13      | 25                  | 12    | 13     | A-2-6 (0)           | Grava limosa color café claro.                   |
|            |                 | 44          | 0.40 - 1.50 |               |     |                     |      |    |     |    |      | 100  | 98     | 65     | 21      | 39                  | 19    | 20     | A-2-6 (1)           | Arena arcillosa color gris claro.                |
| 23         | 2+200 B/Der     | 45          | 0.00 - 0.60 |               |     |                     | 100  | 98 | 95  | 89 | 85   | 67   | 59     | 48     | 36      | 34                  | 16    | 18     | A-6 (2)             | Limo arcillo arenoso color café oscuro.          |
|            |                 | 46          | 0.60 - 1.45 |               |     |                     | 100  | 97 | 95  | 94 | 92   | 87   | 81     | 70     | 60      | 49                  | 23    | 26     | A-7-6 (13)          | Arcilla limo arenosa con grava color café claro. |
|            |                 | -           | 1.45 a más  |               |     |                     |      |    |     |    |      |      |        |        |         |                     |       |        |                     | Roca color marrón.                               |
| 24         | 2+300 B/Izq     | 47          | 0.00 - 0.26 |               |     |                     | 100  | 75 | 58  | 47 | 43   | 33   | 27     | 19     | 13      | 25                  | 12    | 13     | A-2-6 (0)           | Grava limosa color café claro.                   |
|            |                 | 48          | 0.26 - 0.64 |               |     |                     | 100  | 98 | 95  | 89 | 85   | 67   | 59     | 48     | 36      | 34                  | 16    | 18     | A-6 (2)             | Limo arcillo arenoso color café oscuro.          |
|            |                 | 49          | 0.64 - 1.50 |               |     |                     |      |    | 100 | 90 | 75   | 9    | 8      | 7      | 6       | 45                  | 21    | 24     | A-2-7 (0)           | Grava arcillosa color café claro.                |
| 25         | 2+400 B/Der     | 50          | 0.00 - 0.50 |               |     |                     | 100  | 75 | 58  | 47 | 43   | 33   | 27     | 19     | 13      | 25                  | 12    | 13     | A-2-6 (0)           | Grava limosa color café claro.                   |
|            |                 | 51          | 0.50 - 1.50 |               |     |                     |      |    |     |    |      | 100  | 96     | 89     | 81      | 58                  | 21    | 37     | A-7-5 (19)          | Arcilla limo arenosa color gris oscuro.          |

| SONDEO No. | ESTACIONAMIENTO | MUESTRA No. | PROFUNDIDAD | GRANULOMETRIA |     |                     |      |    |     |    |      |      |        |        |         | ENSAYES ADICIONALES |       |        |                     |   |
|------------|-----------------|-------------|-------------|---------------|-----|---------------------|------|----|-----|----|------|------|--------|--------|---------|---------------------|-------|--------|---------------------|---|
|            |                 |             |             | 3"            | 2½" | % Que pasa tamiz 2" | 1 ½" | 1" | ¾"  | ½" | 3/8" | No.4 | No. 10 | No. 40 | No. 200 | L.L %               | L.P % | I. P % | Clasificación H.R.B | Tipo de Suelo                           |
| 26         | 2+500 B/Izq     | 52          | 0.00 - 0.40 |               |     |                     | 100  | 75 | 58  | 47 | 43   | 33   | 27     | 19     | 13      | 25                  | 12    | 13     | A-2-6 (0)           | Grava limosa color café claro.          |
|            |                 | 53          | 0.40 - 1.50 |               |     |                     |      |    |     |    |      | 100  | 96     | 89     | 81      | 58                  | 21    | 37     | A-7-5 (19)          | Arcilla limo arenosa color gris oscuro. |
| 27         | 2+600 B/Der     | 54          | 0.00 - 1.50 |               |     |                     | 100  | 75 | 58  | 47 | 43   | 33   | 27     | 19     | 13      | 25                  | 12    | 13     | A-2-6 (0)           | Grava limosa color café claro.          |
|            |                 |             |             |               |     |                     |      |    |     |    |      |      |        |        |         |                     |       |        |                     |   |
| 28         | 2+700 B/Izq     | 55          | 0.00 - 0.30 |               |     |                     | 100  | 75 | 58  | 47 | 43   | 33   | 27     | 19     | 13      | 25                  | 12    | 13     | A-2-6 (0)           | Grava limosa color café claro.          |
|            |                 | 56          | 0.30 - 1.50 |               |     |                     | 98   | 76 | 71  | 61 | 54   | 42   | 31     | 13     | 6       | 25                  | 10    | 15     | A-2-6 (0)           | Grava areno arcillosa color gris claro. |
| 29         | 2+800 B/Der     | 57          | 0.00 - 1.50 |               |     |                     | 100  | 75 | 58  | 47 | 43   | 33   | 27     | 19     | 13      | 25                  | 12    | 13     | A-2-6 (0)           | Grava limosa color café claro.          |
|            |                 |             |             |               |     |                     |      |    |     |    |      |      |        |        |         |                     |       |        |                     |   |
| 30         | 2+900 B/Izq     | 58          | 0.00 - 0.40 |               |     |                     | 100  | 75 | 58  | 47 | 43   | 33   | 27     | 19     | 13      | 25                  | 12    | 13     | A-2-6 (0)           | Grava limosa color café claro.          |
|            |                 | 59          | 0.40 - 1.50 |               |     |                     |      |    | 100 | 97 | 92   | 72   | 53     | 33     | 23      | 37                  | 20    | 17     | A-2-6 (1)           | Arena gravo limosa color gris.          |

Fuente: Informe de ensayos de suelos, Lamsa Ingenieros Consultores.

| SONDEO No. | ESTACIONAMIENTO | MUESTRA No. | PROFUNDIDAD | GRANULOMETRIA |     |                     |      |     |      |    |      |      |        |        |         | ENSAYES ADICIONALES |       |        |                     |   |
|------------|-----------------|-------------|-------------|---------------|-----|---------------------|------|-----|------|----|------|------|--------|--------|---------|---------------------|-------|--------|---------------------|---|
|            |                 |             |             | 3"            | 2½" | % Que pasa tamiz 2" | 1 ½" | 1"  | 3/4" | ½" | 3/8" | No.4 | No. 10 | No. 40 | No. 200 | L.L %               | L.P % | I. P % | Clasificación H.R.B | Tipo de Suelo                                     |
| 31         | 3+000 B/Der     | 60          | 0.00 - 1.50 |               |     |                     |      | 100 | 94   | 87 | 84   | 68   | 54     | 34     | 25      | 34                  | 19    | 15     | A-2-6 (0)           | Arena gravo limosa color café oscuro.             |
|            |                 |             |             |               |     |                     |      |     |      |    |      |      |        |        |         |                     |       |        |                     |   |
| 32         | 3+100 B/Izq     | 61          | 0.00 - 0.40 |               |     |                     |      | 100 | 94   | 87 | 84   | 68   | 54     | 34     | 25      | 34                  | 19    | 15     | A-2-6 (0)           | Arena gravo limosa color café oscuro.             |
|            |                 | 62          | 0.40 - 1.50 |               |     |                     |      |     | 100  | 96 | 95   | 86   | 83     | 72     | 55      | 36                  | 17    | 19     | A-6 (8)             | Limo arcillo arenoso con grava color café oscuro. |
| 33         | 3+200 B/Der     | 63          | 0.00 - 0.12 |               |     |                     |      | 100 | 94   | 87 | 84   | 68   | 54     | 34     | 25      | 34                  | 19    | 15     | A-2-6 (0)           | Arena gravo limosa color café oscuro.             |
|            |                 | 64          | 0.12 - 0.90 |               |     |                     |      |     | 100  | 96 | 95   | 86   | 83     | 72     | 55      | 36                  | 17    | 19     | A-6 (8)             | Limo arcillo arenoso con grava color café oscuro. |
|            |                 | 65          | 0.90 - 1.50 |               |     |                     |      |     |      |    |      | 90   | 87     | 85     | 81      | 55                  | 21    | 34     | A-7-5 (19)          | Arcilla limosa con poca grava color gris.         |
| 34         | 3+300 B/Izq     | 66          | 0.00 - 1.10 |               |     |                     |      | 100 | 94   | 87 | 84   | 68   | 54     | 34     | 25      | 34                  | 19    | 15     | A-2-6 (0)           | Arena gravo limosa color café oscuro.             |
|            |                 | 67          | 1.10 - 1.50 |               |     |                     |      |     |      |    |      | 90   | 87     | 85     | 81      | 55                  | 21    | 34     | A-7-5 (19)          | Arcilla limosa con poca grava color gris.         |
| 35         | 3+400 B/Der     | 68          | 0.00 - 1.20 |               |     |                     |      | 100 | 94   | 87 | 84   | 68   | 54     | 34     | 25      | 34                  | 19    | 15     | A-2-6 (0)           | Arena gravo limosa color café oscuro.             |
|            |                 | -           | 1.20 a más  |               |     |                     |      |     |      |    |      |      |        |        |         |                     |       |        |                     | Roca color café                                   |

| SONDEO No. | ESTACIONAMIENTO | MUESTRA No. | PROFUNDIDAD  | GRANULOMETRIA |     |                     |      |     |      |    |      |      |        |        |         | ENSAYES ADICIONALES |       |        |                     |   |
|------------|-----------------|-------------|--------------|---------------|-----|---------------------|------|-----|------|----|------|------|--------|--------|---------|---------------------|-------|--------|---------------------|---|
|            |                 |             |              | 3"            | 2½" | % Que pasa tamiz 2" | 1 ½" | 1"  | 3/4" | ½" | 3/8" | No.4 | No. 10 | No. 40 | No. 200 | L.L %               | L.P % | I. P % | Clasificación H.R.B | Tipo de Suelo                                     |
| 36         | 3+500 B/Izq     | 69          | 0.00 - 0.20  |               |     |                     |      | 100 | 94   | 87 | 84   | 68   | 54     | 34     | 25      | 34                  | 19    | 15     | A-2-6 (0)           | Arena gravo limosa color café oscuro.             |
|            |                 | 70          | 0.20 - 1.10  |               |     |                     |      |     | 100  | 97 | 92   | 72   | 53     | 33     | 23      | 37                  | 20    | 17     | A-2-6 (1)           | Arena gravo limosa color gris.                    |
|            |                 | -           | 1.10 a más   |               |     |                     |      |     |      |    |      |      |        |        |         |                     |       |        |                     | Arena compacta color marrón                       |
| 37         | 3+600 B/Der     | 71          | 0.00 - 1.20  |               |     |                     |      | 100 | 94   | 87 | 84   | 68   | 54     | 34     | 25      | 34                  | 19    | 15     | A-2-6 (0)           | Arena gravo limosa color café oscuro.             |
|            |                 | -           | 1.20 - a más |               |     |                     |      |     |      |    |      |      |        |        |         |                     |       |        |                     | Roca color marrón                                 |
| 38         | 3+700 B/Izq     | 72          | 0.00 - 1.50  |               |     |                     |      | 100 | 94   | 87 | 84   | 68   | 54     | 34     | 25      | 34                  | 19    | 15     | A-2-6 (0)           | Arena gravo limosa color café oscuro.             |
|            |                 |             |              |               |     |                     |      |     |      |    |      |      |        |        |         |                     |       |        |                     |   |
| 39         | 3+800 B/Der     | 73          | 0.00 - 0.40  |               |     |                     |      | 100 | 94   | 87 | 84   | 68   | 54     | 34     | 25      | 34                  | 19    | 15     | A-2-6 (0)           | Arena gravo limosa color café oscuro.             |
|            |                 | 74          | 0.40 - 1.50  |               |     |                     |      | 100 | 98   | 96 | 95   | 84   | 82     | 71     | 50      | 30                  | 15    | 15     | A-6 (5)             | Limo areno arcilloso con grava color café oscuro. |
| 40         | 3+900 B/Izq     | 75          | 0.00 - 1.50  |               |     |                     |      | 100 | 94   | 87 | 84   | 68   | 54     | 34     | 25      | 34                  | 19    | 15     | A-2-6 (0)           | Arena gravo limosa color café oscuro.             |
|            |                 |             |              |               |     |                     |      |     |      |    |      |      |        |        |         |                     |       |        |                     |   |

Fuente: Informe de ensayos de suelos, Lamsa Ingenieros Consultores.

| SONDEO No. | ESTACIONAMIENTO | MUESTRA No. | PROFUNDIDAD | GRANULOMETRIA |     |                     |      |    |      |    |      |      |        |        |         | ENSAYES ADICIONALES |       |        |                     |                                      |
|------------|-----------------|-------------|-------------|---------------|-----|---------------------|------|----|------|----|------|------|--------|--------|---------|---------------------|-------|--------|---------------------|--------------------------------------|
|            |                 |             |             | 3"            | 2½" | % Que pasa tamiz 2" | 1 ½" | 1" | 3/4" | ½" | 3/8" | No.4 | No. 10 | No. 40 | No. 200 | L.L %               | L.P % | I. P % | Clasificación H.R.B | Tipo de Suelo                        |
| 41         | 4+000 B/Der     | 76          | 0.00-1.50   |               |     |                     |      |    | 100  | 93 | 87   | 72   | 60     | 39     | 23      | 22                  | 14    | 8      | A-2-4 (0)           | Arena gravo limosa color café claro. |
| 42         | 4+100 B/Izq     | 77          | 0.00-1.50   |               |     |                     |      |    | 100  | 93 | 87   | 72   | 60     | 39     | 23      | 22                  | 14    | 8      | A-2-4 (0)           | Arena gravo limosa color café claro. |
| 43         | 4+200 B/Der     | 78          | 0.00-1.50   |               |     |                     |      |    | 100  | 93 | 87   | 72   | 60     | 39     | 23      | 22                  | 14    | 8      | A-2-4 (0)           | Arena gravo limosa color café claro. |
| 44         | 4+300 B/Izq     | 79          | 0.00-1.50   |               |     |                     |      |    | 100  | 93 | 87   | 72   | 60     | 39     | 23      | 22                  | 14    | 8      | A-2-4 (0)           | Arena gravo limosa color café claro. |
| 45         | 4+400 B/Der     | 80          | 0.00-1.50   |               |     |                     |      |    | 100  | 93 | 87   | 72   | 60     | 39     | 23      | 22                  | 14    | 8      | A-2-4 (0)           | Arena gravo limosa color café claro. |
| 46         | 4+500 B/Izq     | 81          | 0.00-1.50   |               |     |                     |      |    | 100  | 93 | 87   | 72   | 60     | 39     | 23      | 22                  | 14    | 8      | A-2-4 (0)           | Arena gravo limosa color café claro. |
| 47         | 4+600 B/Der     | 82          | 0.00-1.50   |               |     |                     |      |    | 100  | 93 | 87   | 72   | 60     | 39     | 23      | 22                  | 14    | 8      | A-2-4 (0)           | Arena gravo limosa color café claro. |

| SONDEO No. | ESTACIONAMIENTO | MUESTRA No. | PROFUNDIDAD  | GRANULOMETRIA |     |                     |      |    |      |    |      |      |        |        |         | ENSAYES ADICIONALES |       |        |                     |                                      |
|------------|-----------------|-------------|--------------|---------------|-----|---------------------|------|----|------|----|------|------|--------|--------|---------|---------------------|-------|--------|---------------------|--------------------------------------|
|            |                 |             |              | 3"            | 2½" | % Que pasa tamiz 2" | 1 ½" | 1" | 3/4" | ½" | 3/8" | No.4 | No. 10 | No. 40 | No. 200 | L.L %               | L.P % | I. P % | Clasificación H.R.B | Tipo de Suelo                        |
| 48         | 4+700 B/Izq     | 83          | 0.00-1.50    |               |     |                     |      |    | 100  | 93 | 87   | 72   | 60     | 39     | 23      | 22                  | 14    | 8      | A-2-4 (0)           | Arena gravo limosa color café claro. |
| 49         | 4+800 B/Der     | 84          | 0.00-1.50    |               |     |                     |      |    | 100  | 93 | 87   | 72   | 60     | 39     | 23      | 22                  | 14    | 8      | A-2-4 (0)           | Arena gravo limosa color café claro. |
| 50         | 4+900 B/Izq     | 85          | 0.00-1.50    |               |     |                     |      |    | 100  | 93 | 87   | 72   | 60     | 39     | 23      | 22                  | 14    | 8      | A-2-4 (0)           | Arena gravo limosa color café claro. |
| 51         | 5+000 B/Der     | 86          | 0.00-0.70    |               |     |                     |      |    | 100  | 93 | 87   | 72   | 60     | 39     | 23      | 22                  | 14    | 8      | A-2-4 (0)           | Arena gravo limosa color café claro. |
|            |                 | -           | 0.70 - a más |               |     |                     |      |    |      |    |      |      |        |        |         |                     |       |        |                     | Roca color gris claro                |
| 52         | 5+100 B/Izq     | 87          | 0.00-1.50    |               |     |                     | 100  | 71 | 54   | 44 | 39   | 29   | 21     | 12     | 7       | 25                  | 12    | 13     | A-2-6 (0)           | Grava areno limosa color café claro. |
| 53         | 5+200 B/Der     | 88          | 0.00-1.50    |               |     |                     | 100  | 71 | 54   | 44 | 39   | 29   | 21     | 12     | 7       | 25                  | 12    | 13     | A-2-6 (0)           | Grava areno limosa color café claro. |
| 54         | 5+300 B/Izq     | 89          | 0.00-1.50    |               |     |                     | 100  | 71 | 54   | 44 | 39   | 29   | 21     | 12     | 7       | 25                  | 12    | 13     | A-2-6 (0)           | Grava areno limosa color café claro. |

Fuente: Informe de ensayos de suelos, Lamsa Ingenieros Consultores.

| SONDEO No. | ESTACIONAMIENTO | MUESTRA No. | PROFUNDIDAD | GRANULOMETRIA                         |     |                     |      |    |     |    |      |      |        |        |         | ENSAYES ADICIONALES |       |        |                     |   |
|------------|-----------------|-------------|-------------|---------------------------------------|-----|---------------------|------|----|-----|----|------|------|--------|--------|---------|---------------------|-------|--------|---------------------|---|
|            |                 |             |             | 3"                                    | 2½" | % Que pasa tamiz 2" | 1 ½" | 1" | ¾"  | ½" | 3/8" | No.4 | No. 10 | No. 40 | No. 200 | L.L %               | L.P % | I. P % | Clasificación H.R.B | Tipo de Suelo                           |
| 55         | 5+400 B/Der     | 90          | 0.00-1.50   |                                       |     |                     | 100  | 71 | 54  | 44 | 39   | 29   | 21     | 12     | 7       | 25                  | 12    | 13     | A-2-6 (0)           | Grava areno limosa color café claro.    |
|            |                 |             |             |                                       |     |                     |      |    |     |    |      |      |        |        |         |                     |       |        |                     |   |
| 56         | 5+500 B/lzq     | 91          | 0.00-0.50   |                                       |     |                     | 100  | 71 | 54  | 44 | 39   | 29   | 21     | 12     | 7       | 25                  | 12    | 13     | A-2-6 (0)           | Grava areno limosa color café claro.    |
|            |                 | 92          | 0.50-1.00   |                                       |     | 100                 | 93   | 76 | 69  | 56 | 49   | 33   | 22     | 13     | 9       | 31                  | 14    | 17     | A-2-6 (0)           | Grava areno arcillosa color gris claro. |
|            |                 | -           | 1.00- a más | ROCA COLOR MARRON                     |     |                     |      |    |     |    |      |      |        |        |         |                     |       |        |                     | Roca color marrón.                      |
| 57         | 5+600 B/Der     | 93          | 0.00-0.40   |                                       |     |                     | 100  | 71 | 54  | 44 | 39   | 29   | 21     | 12     | 7       | 25                  | 12    | 13     | A-2-6 (0)           | Grava areno limosa color café claro.    |
|            |                 | 94          | 0.40-1.10   |                                       |     |                     |      |    | 100 | 97 | 93   | 82   | 77     | 75     | 64      | 31                  | 21    | 10     | A-4 (6)             | Limo grava arenoso color rojizo.        |
|            |                 | 95          | 1.10-1.50   |                                       |     |                     |      |    | 100 | 97 | 95   | 86   | 72     | 57     | 44      | 36                  | 22    | 14     | A-6 (3)             | Limo arenoso con grava color café.      |
| 58         | 5+700 B/lzq     | 96          | 0.00-0.35   |                                       |     |                     | 100  | 71 | 54  | 44 | 39   | 29   | 21     | 12     | 7       | 25                  | 12    | 13     | A-2-6 (0)           | Grava areno limosa color café claro.    |
|            |                 | 97          | 0.35-1.10   |                                       |     |                     |      |    |     |    |      | 100  | 80     | 45     | 23      | 24                  | 12    | 12     | A-2-6 (0)           | Arena limosa compacta color café claro. |
|            |                 | -           | 1.10 a más  | CASCAJO CONSOLIDADO COLOR CAFÉ OSCURO |     |                     |      |    |     |    |      |      |        |        |         |                     |       |        |                     | Cascajo consolidado color café oscuro.  |
| 59         | 5+800 B/Der     | 98          | 0.00-0.40   |                                       |     |                     | 100  | 71 | 54  | 44 | 39   | 29   | 21     | 12     | 7       | 25                  | 12    | 13     | A-2-6 (0)           | Grava areno limosa color café claro.    |
|            |                 | 99          | 0.40-1.50   |                                       |     |                     |      |    |     |    |      | 100  | 80     | 45     | 23      | 24                  | 12    | 12     | A-2-6 (0)           | Arena limosa compacta color café claro. |

| SONDEO No. | ESTACIONAMIENTO | MUESTRA No. | PROFUNDIDAD | GRANULOMETRIA |     |                     |      |    |     |    |      |      |        |        |         | ENSAYES ADICIONALES |       |        |                     |                                      |
|------------|-----------------|-------------|-------------|---------------|-----|---------------------|------|----|-----|----|------|------|--------|--------|---------|---------------------|-------|--------|---------------------|--------------------------------------|
|            |                 |             |             | 3"            | 2½" | % Que pasa tamiz 2" | 1 ½" | 1" | ¾"  | ½" | 3/8" | No.4 | No. 10 | No. 40 | No. 200 | L.L %               | L.P % | I. P % | Clasificación H.R.B | Tipo de Suelo                        |
| 60         | 5+900 B/lzq     | 100         | 0.00-0.40   |               |     |                     | 100  | 71 | 54  | 44 | 39   | 29   | 21     | 12     | 7       | 25                  | 12    | 13     | A-2-6 (0)           | Grava areno limosa color café claro. |
|            |                 | 101         | 0.40-1.50   |               |     |                     |      |    | 100 | 97 | 93   | 82   | 77     | 75     | 64      | 31                  | 21    | 10     | A-4 (6)             | Limo grava arenoso color rojizo.     |
| 61         | 6+000 B/Der     | 102         | 0.00-1.50   |               |     |                     | 100  | 92 | 86  | 72 | 64   | 46   | 33     | 22     | 16      | 29                  | 15    | 14     | A-2-6 (0)           | Grava areno limosa color café claro. |
|            |                 |             |             |               |     |                     |      |    |     |    |      |      |        |        |         |                     |       |        |                     |                                      |
| 62         | 6+100 B/lzq     | 103         | 0.00-1.50   |               |     |                     | 100  | 92 | 86  | 72 | 64   | 46   | 33     | 22     | 16      | 29                  | 15    | 14     | A-2-6 (0)           | Grava areno limosa color café claro. |
|            |                 |             |             |               |     |                     |      |    |     |    |      |      |        |        |         |                     |       |        |                     |                                      |
| 63         | 6+200 B/Der     | 104         | 0.00-1.50   |               |     |                     | 100  | 92 | 86  | 72 | 64   | 46   | 33     | 22     | 16      | 29                  | 15    | 14     | A-2-6 (0)           | Grava areno limosa color café claro. |
|            |                 |             |             |               |     |                     |      |    |     |    |      |      |        |        |         |                     |       |        |                     |                                      |
| 64         | 6+300 B/lzq     | 105         | 0.00-1.50   |               |     |                     | 100  | 92 | 86  | 72 | 64   | 46   | 33     | 22     | 16      | 29                  | 15    | 14     | A-2-6 (0)           | Grava areno limosa color café claro. |
|            |                 |             |             |               |     |                     |      |    |     |    |      |      |        |        |         |                     |       |        |                     |                                      |

Fuente: Informe de ensayos de suelos, Lamsa Ingenieros Consultores.

| SONDEO No. | ESTACIONAMIENTO |     | MUESTRA No. | PROFUNDIDAD        | GRANULOMETRIA |     |                     |      |    |    |      |      |        |        | ENSAYES ADICIONALES |       |       |        |                     |                                      |
|------------|-----------------|-----|-------------|--------------------|---------------|-----|---------------------|------|----|----|------|------|--------|--------|---------------------|-------|-------|--------|---------------------|--------------------------------------|
|            |                 |     |             |                    | 3"            | 2½" | % Que pasa tamiz 2" | 1 ½" | 1" | ¾" | 3/8" | No.4 | No. 10 | No. 40 | No. 200             | L.L % | L.P % | I. P % | Clasificación H.R.B | Tipo de Suelo                        |
| 65         | 6+400 D/Der     | 106 | 0.00-1.00   |                    |               |     | 100                 | 92   | 86 | 72 | 64   | 46   | 33     | 22     | 16                  | 29    | 15    | 14     | A-2-6 (0)           | Grava areno limosa color café claro. |
|            |                 | -   | 1.00 a más  | BOLONES COLOR GRIS |               |     |                     |      |    |    |      |      |        |        |                     |       |       |        |                     | Bolones color gris.                  |
| 66         | 6+500 B/Izq     | 107 | 0.00-1.50   |                    |               |     | 100                 | 92   | 86 | 72 | 64   | 46   | 33     | 22     | 16                  | 29    | 15    | 14     | A-2-6 (0)           | Grava areno limosa color café claro. |
|            |                 |     |             |                    |               |     |                     |      |    |    |      |      |        |        |                     |       |       |        |                     |                                      |
| 67         | 6+600 B/Der     | 108 | 0.00-0.60   |                    |               |     | 100                 | 92   | 86 | 72 | 64   | 46   | 33     | 22     | 16                  | 29    | 15    | 14     | A-2-6 (0)           | Grava areno limosa color café claro. |
|            |                 | 109 | 0.60-1.50   |                    |               |     |                     |      |    |    | 100  | 94   | 87     | 76     | 67                  | 55    | 27    | 28     | A-7-5 (16)          | Arcilla limo arenosa color gris.     |
| 68         | 6+700 B/Izq     | 110 | 0.00-0.20   |                    |               |     | 100                 | 92   | 86 | 72 | 64   | 46   | 33     | 22     | 16                  | 29    | 15    | 14     | A-2-6 (0)           | Grava areno limosa color café claro. |
|            |                 | 111 | 0.20-1.50   |                    |               |     |                     |      |    |    | 100  | 94   | 87     | 76     | 67                  | 55    | 27    | 28     | A-7-5 (16)          | Arcilla limo arenosa color gris.     |
| 69         | 6+800 B/Der     | 112 | 0.00-0.20   |                    |               |     | 100                 | 92   | 86 | 72 | 64   | 46   | 33     | 22     | 16                  | 29    | 15    | 14     | A-2-6 (0)           | Grava areno limosa color café claro. |
|            |                 | 113 | 0.20-1.50   |                    |               |     |                     |      |    |    | 100  | 94   | 87     | 76     | 67                  | 55    | 27    | 28     | A-7-5 (16)          | Arcilla limo arenosa color gris.     |

| SONDEO No. | ESTACIONAMIENTO | MUESTRA No. | PROFUNDIDAD | GRANULOMETRIA     |     |                     |      |    |      |    |      |      |        |        |         | ENSAYES ADICIONALES |       |        |                     |                                      |           |
|------------|-----------------|-------------|-------------|-------------------|-----|---------------------|------|----|------|----|------|------|--------|--------|---------|---------------------|-------|--------|---------------------|--------------------------------------|-----------|
|            |                 |             |             | 3"                | 2½" | % Que pasa tamiz 2" | 1 ½" | 1" | 3/4" | ½" | 3/8" | No.4 | No. 10 | No. 40 | No. 200 | L.L %               | L.P % | I. P % | Clasificación H.R.B | Tipo de Suelo                        |           |
| 70         | 6+900 B/Izq     | 114         | 0.00-0.50   |                   |     |                     | 100  | 92 | 86   | 72 | 64   | 46   | 33     | 22     | 16      | 29                  | 15    | 14     | A-2-6 (0)           | Grava areno limosa color café claro. |           |
|            |                 | 115         | 0.50-1.50   |                   |     |                     |      |    | 100  | 89 | 77   | 54   | 45     | 38     | 31      | 38                  | 14    | 24     | A-2-6 (2)           | Grava arcillo arenosa color gris.    |           |
| 71         | 7+000 B/Der     | 116         | 0.00-0.20   |                   |     |                     | 100  | 92 | 86   | 72 | 64   | 46   | 33     | 22     | 16      | 29                  | 15    | 14     | A-2-6 (0)           | Grava areno limosa color café claro. |           |
|            |                 | 117         | 0.20-1.10   |                   |     |                     |      |    |      |    | 100  | 94   | 87     | 76     | 67      | 55                  | 27    | 28     | A-7-5 (16)          | Arcilla limo arenosa color gris.     |           |
| 72         | 7+100 B/Izq     | 118         | 0.00-0.30   |                   |     |                     | 100  | 92 | 86   | 72 | 64   | 46   | 33     | 22     | 16      | 29                  | 15    | 14     | A-2-6 (0)           | Grava areno limosa color café claro. |           |
|            |                 | 119         | 0.30-0.80   |                   |     |                     |      |    |      |    | 100  | 94   | 87     | 76     | 67      | 55                  | 27    | 28     | A-7-5 (16)          | Arcilla limo arenosa color gris.     |           |
|            |                 | 120         | 0.80-1.50   |                   |     |                     |      |    |      |    | 100  | 89   | 77     | 54     | 45      | 38                  | 31    | 38     | 14                  | 24                                   | A-2-6 (2) |
| 73         | 7+200 B/Der     | 121         | 0.00-1.50   |                   |     |                     | 100  | 92 | 86   | 72 | 64   | 46   | 33     | 22     | 16      | 29                  | 15    | 14     | A-2-6 (0)           | Grava areno limosa color café claro. |           |
|            |                 |             |             |                   |     |                     |      |    |      |    |      |      |        |        |         |                     |       |        |                     |                                      |           |
| 74         | 7+300 B/Izq     | 122         | 0.00-1.10   |                   |     |                     | 100  | 92 | 86   | 72 | 64   | 46   | 33     | 22     | 16      | 29                  | 15    | 14     | A-2-6 (0)           | Grava areno limosa color café claro. |           |
|            |                 | -           | 1.10 a más  | ROCA COLOR MARRON |     |                     |      |    |      |    |      |      |        |        |         |                     |       |        |                     | Roca color marrón.                   |           |

Fuente: Informe de ensayos de suelos, Lamsa Ingenieros Consultores.

| SONDEO No. | ESTACIONAMIENTO | MUESTRA No. | PROFUNDIDAD | GRANULOMETRIA |     |                     |      |     |    |     |      |      |        |        |         | ENSAYES ADICIONALES |       |       |                     |  |
|------------|-----------------|-------------|-------------|---------------|-----|---------------------|------|-----|----|-----|------|------|--------|--------|---------|---------------------|-------|-------|---------------------|--|
|            |                 |             |             | 3"            | 2½" | % Que pasa tamiz 2" | 1 ½" | 1"  | ¾" | ½"  | 3/8" | No.4 | No. 10 | No. 40 | No. 200 | L.L %               | L.P % | I.P % | Clasificación H.R.B | Tipo de Suelo                                  |
| 75         | 7+400 B/Der     | 123         | 0.00 - 1.10 |               |     |                     | 100  | 85  | 77 | 67  | 62   | 52   | 43     | 28     | 19      | 27                  | 18    | 9     | A-2-4 (0)           | Grava areno limosa color amarillento.          |
|            |                 | 124         | 1.10 - 1.50 |               |     |                     |      | 100 | 88 | 86  | 83   | 49   | 46     | 40     | 34      | 51                  | 24    | 27    | A-2-7 (3)           | Grava arenosa con arcilla color gris.          |
| 76         | 7+500 B/lzq     | 125         | 0.00 - 0.40 |               |     |                     | 100  | 85  | 77 | 67  | 62   | 52   | 43     | 28     | 19      | 27                  | 18    | 9     | A-2-4 (0)           | Grava areno limosa color amarillento.          |
|            |                 | 126         | 0.40 - 0.65 |               |     |                     |      | 100 | 88 | 86  | 83   | 49   | 46     | 40     | 34      | 51                  | 24    | 27    | A-2-7 (3)           | Grava arenosa con arcilla color gris.          |
|            |                 | 127         | 0.65 - 1.50 |               |     |                     |      |     |    | 100 | 98   | 77   | 76     | 70     | 57      | 51                  | 25    | 26    | A-7-6 (12)          | Arcilla grava arenosa color gris claro.        |
| 77         | 7+600 B/Der     | 128         | 0.00 - 1.50 |               |     |                     |      | 100 | 91 | 83  | 77   | 58   | 52     | 41     | 33      | 37                  | 18    | 19    | A-2-6 (2)           | Grava areno arcillosa color amarillento claro. |
|            |                 | -           |             |               |     |                     |      |     |    |     |      |      |        |        |         |                     |       |       |                     |  |
| 78         | 7+700 B/lzq     | 129         | 0.00 - 0.75 |               |     |                     | 100  | 85  | 77 | 67  | 62   | 52   | 43     | 28     | 19      | 27                  | 18    | 9     | A-2-4 (0)           | Grava areno limosa color amarillento.          |
|            |                 | 130         | 0.75 - 1.50 |               |     |                     |      |     |    | 100 | 97   | 81   | 76     | 67     | 54      | 43                  | 18    | 25    | A-7-6 (10)          | Arcilla arenosa con grava color gris claro.    |
| 79         | 7+800 B/Der     | 131         | 0.00 - 0.90 |               |     |                     | 100  | 85  | 77 | 67  | 62   | 52   | 43     | 28     | 19      | 27                  | 18    | 9     | A-2-4 (0)           | Grava areno limosa color amarillento.          |
|            |                 | 132         | 0.90 - 1.50 |               |     |                     |      |     |    | 100 | 97   | 81   | 76     | 67     | 54      | 43                  | 18    | 25    | A-7-6 (10)          | Arcilla arenosa con grava color gris claro.    |

| SONDEO No. | ESTACIONAMIENTO | MUESTRA No. | PROFUNDIDAD | GRANULOMETRIA     |     |                     |      |     |     |    |      |      |        |        |         | ENSAYES ADICIONALES |       |        |                     |  |
|------------|-----------------|-------------|-------------|-------------------|-----|---------------------|------|-----|-----|----|------|------|--------|--------|---------|---------------------|-------|--------|---------------------|--|
|            |                 |             |             | 3"                | 2½" | % Que pasa tamiz 2" | 1 ½" | 1"  | ¾"  | ½" | 3/8" | No.4 | No. 10 | No. 40 | No. 200 | L.L%                | L.P % | I. P % | Clasificación H.R.B | Tipo de Suelo  |
| 80         | 7+900 B/lzq     | 133         | 0.00 - 0.80 |                   |     |                     | 100  | 85  | 77  | 67 | 62   | 52   | 43     | 28     | 19      | 27                  | 18    | 9      | A-2-4 (0)           | Grava areno limosa color amarillento.                      |
|            |                 | 134         | 0.80 - 1.20 |                   |     |                     |      |     | 100 | 93 | 81   | 55   | 52     | 34     | 24      | 32                  | 14    | 18     | A-2-6 (1)           | Grava areno limosa color gris.                             |
|            |                 | -           | 1.20 a más  | ROCA COLOR GRIS   |     |                     |      |     |     |    |      |      |        |        |         |                     |       |        |                     | Roca color gris.   |
| 81         | 8+000 B/Der     | 135         | 0.00 - 0.90 |                   |     |                     | 100  | 87  | 80  | 68 | 63   | 50   | 44     | 32     | 23      | 28                  | 19    | 9      | A-2-4 (0)           | Grava arenosa con limo color amarillento.                  |
|            |                 | 136         | 0.90 - 1.50 |                   |     |                     |      | 100 | 94  | 88 | 82   | 66   | 61     | 47     | 32      | 37                  | 19    | 18     | A-2-6 (1)           | Grava arenosa con limo color gris claro.                   |
| 82         | 8+100 B/lzq     | 137         | 0.00 - 0.45 |                   |     |                     |      | 100 | 94  | 88 | 82   | 66   | 61     | 47     | 32      | 37                  | 19    | 18     | A-2-6 (1)           | Grava arenosa con limo color gris claro.                   |
|            |                 | -           | 0.45 a más  | ROCA COLOR MARRON |     |                     |      |     |     |    |      |      |        |        |         |                     |       |        |                     | Roca color marrón.   |
| 83         | 8+200 B/Der     | 138         | 0.00 - 1.50 |                   |     | 100                 | 90   | 75  | 70  | 63 | 59   | 51   | 48     | 39     | 23      | 36                  | 17    | 19     | A-2-6 (1)           | Grava arenosa con arcilla color gris oscuro, pinta blanca. |
| 84         | 8+300 B/lzq     | 139         | 0.00 - 0.65 |                   |     |                     | 100  | 94  | 84  | 77 | 74   | 63   | 56     | 43     | 30      | 44                  | 22    | 22     | A-2-7 (2)           | Grava arenosa con arcilla color café claro.                |
|            |                 | 140         | 0.65 - 1.50 |                   |     |                     | 100  | 96  | 94  | 91 | 83   | 51   | 48     | 42     | 32      | 45                  | 20    | 25     | A-2-7 (3)           | Grava arenosa con arcilla color gris con pintas blancas.   |

Fuente: Informe de ensayos de suelos, Lamsa Ingenieros Consultores.



| SONDEO No. | ESTACIONAMIENTO | MUESTRA No. | PROFUNDIDAD | GRANULOMETRIA |     |                     |      |     |    |    |      |      |        |        | ENSAYES ADICIONALES |      |       |        |                     |  |
|------------|-----------------|-------------|-------------|---------------|-----|---------------------|------|-----|----|----|------|------|--------|--------|---------------------|------|-------|--------|---------------------|--|
|            |                 |             |             | 3"            | 2½" | % Que pasa tamiz 2" | 1 ½" | 1"  | ¾" | ½" | 3/8" | No.4 | No. 10 | No. 40 | No. 200             | L.L% | L.P % | I. P % | Clasificación H.R.B | Tipo de Suelo  |
| 85         | 8+400 B/Der     | 141         | 0.00 - 0.80 |               |     |                     | 100  | 94  | 84 | 77 | 74   | 63   | 56     | 43     | 30                  | 44   | 22    | 22     | A-2-7 (2)           | Grava arenosa con arcilla color café claro.                          |
|            |                 | 142         | 0.80 - 1.50 |               |     |                     | 100  | 96  | 94 | 91 | 83   | 51   | 48     | 42     | 32                  | 45   | 20    | 25     | A-2-7 (3)           | Grava arenosa con arcilla color gris con pintas blancas.             |
| 86         | 8+500 B/lzq     | 143         | 0.00 - 0.70 |               |     |                     | 100  | 94  | 84 | 77 | 74   | 63   | 56     | 43     | 30                  | 44   | 22    | 22     | A-2-7 (2)           | Grava arenosa con arcilla color café claro.                          |
|            |                 | 144         | 0.70 - 1.50 |               |     |                     |      | 100 | 92 | 89 | 85   | 61   | 58     | 52     | 44                  | 45   | 19    | 26     | A-7-6 (7)           | Arcilla gravo arenosa color negro con pintas amarillentas y blancas. |
| 87         | 8+600 B/Der     | 145         | 0.00 - 0.55 |               |     |                     | 100  | 94  | 84 | 77 | 74   | 63   | 56     | 43     | 30                  | 44   | 22    | 22     | A-2-7 (2)           | Grava arenosa con arcilla color café claro.                          |
|            |                 | 146         | 0.55 - 1.50 |               |     |                     |      | 100 | 92 | 89 | 85   | 61   | 58     | 52     | 44                  | 45   | 19    | 26     | A-7-6 (7)           | Arcilla gravo arenosa color negro con pintas amarillentas y blancas. |
| 88         | 8+700 B/lzq     | 147         | 0.00 - 0.40 |               |     |                     | 100  | 94  | 84 | 77 | 74   | 63   | 56     | 43     | 30                  | 44   | 22    | 22     | A-2-7 (2)           | Grava arenosa con arcilla color café claro.                          |
|            |                 | 148         | 0.40 - 1.50 |               |     |                     |      | 100 | 92 | 89 | 85   | 61   | 58     | 52     | 44                  | 45   | 19    | 26     | A-7-6 (7)           | Arcilla gravo arenosa color negro con pintas amarillentas y blancas. |
| 89         | 8+800 B/Der     | 149         | 0.00 - 1.50 |               |     |                     | 100  | 94  | 84 | 77 | 74   | 63   | 56     | 43     | 30                  | 44   | 22    | 22     | A-2-7 (2)           | Grava arenosa con arcilla color café claro.                          |
| 90         | 8+900 B/lzq     | 150         | 0.00 - 0.45 |               |     |                     | 100  | 94  | 84 | 77 | 74   | 63   | 56     | 43     | 30                  | 44   | 22    | 22     | A-2-7 (2)           | Grava arenosa con arcilla color café claro.                          |
|            |                 | 151         | 0.45 - 1.50 |               |     |                     |      | 100 | 92 | 89 | 85   | 61   | 58     | 52     | 44                  | 45   | 19    | 26     | A-7-6 (7)           | Arcilla gravo arenosa color negro con pintas amarillentas y blancas. |

| SONDEO No. | ESTACIONAMIENTO | MUESTRA No. | PROFUNDIDAD | GRANULOMETRIA     |     |                     |      |     |    |    |      |      |        |        | ENSAYES ADICIONALES |      |       |        |                     |   |
|------------|-----------------|-------------|-------------|-------------------|-----|---------------------|------|-----|----|----|------|------|--------|--------|---------------------|------|-------|--------|---------------------|---|
|            |                 |             |             | 3"                | 2½" | % Que pasa tamiz 2" | 1 ½" | 1"  | ¾" | ½" | 3/8" | No.4 | No. 10 | No. 40 | No. 200             | L.L% | L.P % | I. P % | Clasificación H.R.B | Tipo de Suelo                                     |
| 91         | 9+000 B/Der     | 152         | 0.00 - 0.75 |                   |     |                     | 100  | 90  | 72 | 63 | 58   | 50   | 43     | 30     | 21                  | 32   | 18    | 14     | A-2-6 (0)           | Grava areno limosa color café con pintas blancas. |
|            |                 | 153         | 0.75 - 1.50 |                   |     |                     |      | 100 | 94 | 83 | 78   | 62   | 56     | 45     | 38                  | 40   | 25    | 15     | A-6 (2)             | Grava limo arenosa color café con pintas grises.  |
| 92         | 9+100 B/lzq     | 154         | 0.00 - 0.30 |                   |     |                     | 100  | 81  | 74 | 61 | 54   | 39   | 32     | 21     | 14                  | 29   | 17    | 12     | A-2-6 (0)           | Grava areno limosa color rosado (Bolones de Río). |
|            |                 | 155         | 0.30 - 0.90 |                   |     |                     |      | 100 | 94 | 83 | 78   | 62   | 56     | 45     | 38                  | 40   | 25    | 15     | A-6 (2)             | Grava limo arenosa color café con pintas grises.  |
|            |                 | 156         | 0.90 - 1.50 |                   |     |                     |      | 100 | 98 | 93 | 89   | 69   | 62     | 47     | 30                  | 28   | 21    | 7      | A-2-4 (0)           | Arena gravo limosa color negro.                   |
|            |                 | -           | 1.50        | SE ENCONTRO AGUA. |     |                     |      |     |    |    |      |      |        |        |                     |      |       |        |                     | Se encontro agua.                                 |
| 93         | 9+200 B/Der     | 157         | 0.00 - 1.20 |                   |     |                     | 100  | 90  | 72 | 63 | 58   | 50   | 43     | 30     | 21                  | 32   | 18    | 14     | A-2-6 (0)           | Grava areno limosa color café con pintas blancas. |
|            |                 | 158         | 1.20 - 1.50 |                   |     |                     |      | 100 | 98 | 93 | 89   | 69   | 62     | 47     | 30                  | 28   | 21    | 7      | A-2-4 (0)           | Arena gravo limosa color negro.                   |
| 94         | 9+300 B/lzq     | 159         | 0.00 - 0.48 |                   |     |                     | 100  | 90  | 72 | 63 | 58   | 50   | 43     | 30     | 21                  | 32   | 18    | 14     | A-2-6 (0)           | Grava areno limosa color café con pintas blancas. |
|            |                 | 160         | 0.48 - 1.50 |                   |     |                     |      |     |    |    |      | 100  | 98     | 94     | 88                  | 59   | 22    | 37     | A-7-5 (19)          | Arcilla limosa con poca arena color negro.        |
| 95         | 9+400 B/Der     | 161         | 0.00 - 1.50 |                   |     |                     | 100  | 90  | 72 | 63 | 58   | 50   | 43     | 30     | 21                  | 32   | 18    | 14     | A-2-6 (0)           | Grava areno limosa color café con pintas blancas. |
|            |                 |             |             |                   |     |                     |      |     |    |    |      |      |        |        |                     |      |       |        |                     |   |
| 96         | 9+500 B/lzq     | 162         | 0.00 - 0.90 |                   |     |                     | 100  | 90  | 72 | 63 | 58   | 50   | 43     | 30     | 21                  | 32   | 18    | 14     | A-2-6 (0)           | Grava areno limosa color café con pintas blancas. |
|            |                 | -           | 0.90 a más  | BOLONES RIOS      |     |                     |      |     |    |    |      |      |        |        |                     |      |       |        |                     | Bolones ríos.                                     |

Fuente: Informe de ensayos de suelos, Lamsa Ingenieros Consultores.

| SONDEO No. | ESTACIONAMIENTO | MUESTRA No. | PROFUNDIDAD | GRANULOMETRIA        |     |                     |      |    |      |    |      |      |        |        | ENSAYES ADICIONALES |      |       |        |                     |  |
|------------|-----------------|-------------|-------------|----------------------|-----|---------------------|------|----|------|----|------|------|--------|--------|---------------------|------|-------|--------|---------------------|--|
|            |                 |             |             | 3"                   | 2½" | % Que pasa tamiz 2" | 1 ½" | 1" | 3/4" | ½" | 3/8" | No.4 | No. 10 | No. 40 | No. 200             | L.L% | L.P % | I. P % | Clasificación H.R.B | Tipo de Suelo  |
| 97         | 9+600 B/lzq     | 163         | 0.00 - 0.70 |                      |     |                     | 100  | 90 | 72   | 63 | 58   | 50   | 43     | 30     | 21                  | 32   | 18    | 14     | A-2-6 (0)           | Grava areno limosa color café con pintas blancas.      |
|            |                 | -           | 0.70 a más  | BOLONES DE RIO       |     |                     |      |    |      |    |      |      |        |        |                     |      |       |        |                     | Bolones de Río.  |
| 98         | 9+700 B/Der     | 164         | 0.00 - 0.90 |                      |     |                     | 100  | 90 | 72   | 63 | 58   | 50   | 43     | 30     | 21                  | 32   | 18    | 14     | A-2-6 (0)           | Grava areno limosa color café con pintas blancas.      |
|            |                 | -           | 0.90 a más  | ROCA BOLONES DE RIOS |     |                     |      |    |      |    |      |      |        |        |                     |      |       |        |                     | Roca bolones de ríos.                                  |
| 99         | 9+800 B/Der     | 165         | 0.00 - 0.30 |                      |     |                     | 100  | 90 | 72   | 63 | 58   | 50   | 43     | 30     | 21                  | 32   | 18    | 14     | A-2-6 (0)           | Grava areno limosa color café con pintas blancas.      |
|            |                 | 166         | 0.30 - 1.50 |                      |     |                     |      |    | 100  | 98 | 97   | 92   | 90     | 81     | 63                  | 30   | 14    | 16     | A-6 (2)             | Limo areno arcillosa con poca grava color café oscuro. |
| 100        | 9+900 B/lzq     | 167         | 0.00 - 0.45 |                      |     |                     | 100  | 94 | 87   | 82 | 79   | 69   | 67     | 61     | 51                  | 28   | 18    | 10     | A-4 (0)             | Limo gravo arenoso color café oscuro.                  |
|            |                 | 168         | 0.45 - 1.50 |                      |     |                     |      |    | 100  | 98 | 97   | 92   | 90     | 81     | 63                  | 30   | 14    | 16     | A-6 (2)             | Limo areno arcillosa con poca grava color café oscuro. |
| 101        | 10+000 B/Der    | 169         | 0.00 - 0.45 |                      |     |                     | 100  | 94 | 87   | 82 | 79   | 69   | 67     | 61     | 51                  | 28   | 18    | 10     | A-4 (0)             | Limo gravo arenoso color café oscuro.                  |

Fuente: Informe de ensayos de suelos, Lamsa Ingenieros Consultores.

## ANEXO II INFORMES DE ENSAYOS DE SUELO CBR

| SONDEO No. | ESTACIONAMIENTO | MUESTRA No. | PROFUNDIDAD | % DE COMPACTACION REPRODUCIDO | C.B.R a Penetración de |                     |   |
|------------|-----------------|-------------|-------------|-------------------------------|------------------------|---------------------|---|
|            |                 |             |             |                               | 0.1"                   | Clasificación H.R.B | Tipo de Suelo                             |
| 1          | 0+000 B/De      | 1           | 0.00 - 1.30 | 95                            | 19.2                   | A-1-a (0)           | Grava areno limosa color gris claro.      |
| 2          | 0+100 B/lzq     | 2           | 0.00 - 0.50 | 95                            | 14                     | A-2-7 (0)           | Grava areno arcillosa color rosado claro. |
| 3          | 0+200 B/De      | 5           | 0.00 - 0.50 | 95                            | 14                     | A-2-7 (0)           | Grava areno arcillosa color rosado claro. |
| 4          | 0+300 B/lzq     | 7           | 0.00 - 0.60 | 95                            | 14                     | A-2-7 (0)           | Grava areno arcillosa color rosado claro. |
| 5          | 0+400 B/De      | 9           | 0.00 - 1.50 | 95                            | 14                     | A-2-7 (0)           | Grava areno arcillosa color rosado claro. |
| 6          | 0+500 B/lzq     | 10          | 0.00 - 0.50 | 95                            | 11.8                   | A-2-6 (0)           | Grava areno limosa color café claro.      |
| 7          | 0+600 B/De      | 12          | 0.00 - 0.80 | 95                            | 11.8                   | A-2-6 (0)           | Grava areno limosa color café claro.      |
| 8          | 0+700 B/lzq     | 14          | 0.00 - 0.60 | 95                            | 11.8                   | A-2-6 (0)           | Grava areno limosa color café claro.      |
| 9          | 0+800 B/De      | 16          | 0.00 - 0.60 | 95                            | 11.8                   | A-2-6 (0)           | Grava areno limosa color café claro.      |
| 10         | 0+900 B/lzq     | 18          | 0.00 - 0.85 | 95                            | 11.8                   | A-2-6 (0)           | Grava areno limosa color café claro.      |
| 11         | 1+000 B/De      | 20          | 0.00 - 0.70 | 95                            | 19.2                   | A-2-4 (0)           | Grava areno limosa color café claro.      |
| 12         | 1+100 B/lzq     | 22          | 0.00 - 0.60 | 95                            | 19.2                   | A-2-4 (0)           | Grava areno limosa color café claro.      |
| 13         | 1+200 B/De      | 25          | 0.00 - 1.50 | 95                            | 11.8                   | A-2-6 (0)           | Grava areno limosa color rosado.          |
| 14         | 1+300 B/lzq     | 26          | 0.00 - 0.20 | 95                            | 19.2                   | A-2-4 (0)           | Grava areno limosa color café claro.      |
|            |                 | 27          | 0.20 - 0.70 | 95                            | 11.8                   | A-2-6 (0)           | Grava areno limosa color marrón.          |
| 15         | 1+400 B/De      | 28          | 0.00 - 0.60 | 95                            | 19.2                   | A-2-4 (0)           | Grava areno limosa color café claro.      |
| 16         | 1+500 B/lzq     | 30          | 0.00 - 0.40 | 95                            | 2                      | A-7-6 (19)          | Arcilla limo arenosa color café claro.    |
| 17         | 1+600 B/De      | 33          | 0.00 - 1.50 | 95                            | 2                      | A-7-6 (19)          | Arcilla limo arenosa color café claro.    |
| 18         | 1+700 B/lzq     | 34          | 0.00 - 0.40 | 95                            | 2                      | A-7-6 (19)          | Arcilla limo arenosa color café claro.    |
| 19         | 1+800 B/De      | 37          | 0.00 - 0.25 | 95                            | 2                      | A-7-6 (19)          | Arcilla limo arenosa color café claro.    |
|            |                 | 38          | 0.25 - 1.00 | 95                            | 19.2                   | A-2-4 (0)           | Arena limosa con grava color gris.        |
| 20         | 1+900 B/lzq     | 40          | 0.00 - 1.50 | 95                            | 19.2                   | A-2-4 (0)           | Grava areno limosa color gris claro.      |

|    |             |    |             |    |      |           |   |
|----|-------------|----|-------------|----|------|-----------|---|
| 21 | 2+000 B/Der | 41 | 0.00 - 0.50 | 95 | 11.8 | A-2-6 (0) | Grava limosa color café claro.                    |
| 22 | 2+100 B/izq | 43 | 0.00 - 0.40 | 95 | 11.8 | A-2-6 (0) | Grava limosa color café claro.                    |
| 23 | 2+200 B/Der | 45 | 0.00 - 0.60 | 95 | 4.2  | A-6 (2)   | Limo arcillo arenoso color café oscuro.           |
| 24 | 2+300 B/izq | 47 | 0.00 - 0.26 | 95 | 11.8 | A-2-6 (0) | Grava limosa color café claro.                    |
|    |             | 48 | 0.26 - 0.64 | 95 | 4.2  | A-6 (2)   | Limo arcillo arenoso color café oscuro.           |
| 25 | 2+400 B/Der | 50 | 0.00 - 0.50 | 95 | 11.8 | A-2-6 (0) | Grava limosa color café claro.                    |
| 26 | 2+500 B/izq | 52 | 0.00 - 0.40 | 95 | 11.8 | A-2-6 (0) | Grava limosa color café claro.                    |
| 27 | 2+600 B/Der | 54 | 0.00 - 1.50 | 95 | 11.8 | A-2-6 (0) | Grava limosa color café claro.                    |
| 28 | 2+700 B/izq | 55 | 0.00 - 0.30 | 95 | 11.8 | A-2-6 (0) | Grava limosa color café claro.                    |
|    |             | 56 | 0.30 - 1.50 | 95 | 11.8 | A-2-6 (0) | Grava areno arcillosa color gris claro.           |
| 29 | 2+800 B/Der | 57 | 0.00 - 1.50 | 95 | 11.8 | A-2-6 (0) | Grava limosa color café claro.                    |
| 30 | 2+900 B/izq | 58 | 0.00 - 0.40 | 95 | 11.8 | A-2-6 (0) | Grava limosa color café claro.                    |
| 31 | 3+000 B/Der | 60 | 0.00 - 1.50 | 95 | 11.8 | A-2-6 (0) | Arena gravo limosa color café oscuro.             |
| 32 | 3+100 B/izq | 61 | 0.00 - 0.40 | 95 | 11.8 | A-2-6 (0) | Arena gravo limosa color café oscuro.             |
| 33 | 3+200 B/Der | 63 | 0.00 - 0.12 | 95 | 11.8 | A-2-6 (0) | Arena gravo limosa color café oscuro.             |
|    |             | 64 | 0.12 - 0.90 | 95 | 4.2  | A-6 (8)   | Limo arcillo arenoso con grava color café oscuro. |
| 34 | 3+300 B/izq | 66 | 0.00 - 1.10 | 95 | 11.8 | A-2-6 (0) | Arena gravo limosa color café oscuro.             |
| 35 | 3+400 B/Der | 68 | 0.00 - 1.20 | 95 | 11.8 | A-2-6 (0) | Arena gravo limosa color café oscuro.             |
| 36 | 3+500 B/izq | 69 | 0.00 - 0.20 | 95 | 11.8 | A-2-6 (0) | Arena gravo limosa color café oscuro.             |
|    |             | 70 | 0.20 - 1.10 | 95 | 11.8 | A-2-6 (1) | Arena gravo limosa color gris.                    |
| 37 | 3+600 B/Der | 71 | 0.00 - 1.20 | 95 | 11.8 | A-2-6 (0) | Arena gravo limosa color café oscuro.             |
| 38 | 3+700 B/izq | 72 | 0.00 - 1.50 | 95 | 11.8 | A-2-6 (0) | Arena gravo limosa color café oscuro.             |
| 39 | 3+800 B/Der | 73 | 0.00 - 0.40 | 95 | 11.8 | A-2-6 (0) | Arena gravo limosa color café oscuro.             |
| 40 | 3+900 B/izq | 75 | 0.00 - 1.50 | 95 | 11.8 | A-2-6 (0) | Arena gravo limosa color café oscuro.             |

|    |             |     |           |    |      |           |                                      |
|----|-------------|-----|-----------|----|------|-----------|--------------------------------------|
| 41 | 4+000 B/Der | 76  | 0.00-1.50 | 95 | 19.2 | A-2-4 (0) | Arena gravo limosa color café claro. |
| 42 | 4+100 B/Izq | 77  | 0.00-1.50 | 95 | 19.2 | A-2-4 (0) | Arena gravo limosa color café claro. |
| 43 | 4+200 B/Der | 78  | 0.00-1.50 | 95 | 19.2 | A-2-4 (0) | Arena gravo limosa color café claro. |
| 44 | 4+300 B/Izq | 79  | 0.00-1.50 | 95 | 19.2 | A-2-4 (0) | Arena gravo limosa color café claro. |
| 45 | 4+400 B/Der | 80  | 0.00-1.50 | 95 | 19.2 | A-2-4 (0) | Arena gravo limosa color café claro. |
| 46 | 4+500 B/Izq | 81  | 0.00-1.50 | 95 | 19.2 | A-2-4 (0) | Arena gravo limosa color café claro. |
| 47 | 4+600 B/Der | 82  | 0.00-1.50 | 95 | 19.2 | A-2-4 (0) | Arena gravo limosa color café claro. |
| 48 | 4+700 B/Izq | 83  | 0.00-1.50 | 95 | 19.2 | A-2-4 (0) | Arena gravo limosa color café claro. |
| 49 | 4+800 B/Der | 84  | 0.00-1.50 | 95 | 19.2 | A-2-4 (0) | Arena gravo limosa color café claro. |
| 50 | 4+900 B/Izq | 85  | 0.00-1.50 | 95 | 19.2 | A-2-4 (0) | Arena gravo limosa color café claro. |
| 51 | 5+000 B/Der | 86  | 0.00-0.70 | 95 | 19.2 | A-2-4 (0) | Arena gravo limosa color café claro. |
| 52 | 5+100 B/Izq | 87  | 0.00-1.50 | 95 | 11.8 | A-2-6 (0) | Grava areno limosa color café claro. |
| 53 | 5+200 B/Der | 88  | 0.00-1.50 | 95 | 11.8 | A-2-6 (0) | Grava areno limosa color café claro. |
| 54 | 5+300 B/Izq | 89  | 0.00-1.50 | 95 | 11.8 | A-2-6 (0) | Grava areno limosa color café claro. |
| 55 | 5+400 B/Der | 90  | 0.00-1.50 | 95 | 11.8 | A-2-6 (0) | Grava areno limosa color café claro. |
| 56 | 5+500 B/Izq | 91  | 0.00-0.50 | 95 | 11.8 | A-2-6 (0) | Grava areno limosa color café claro. |
| 57 | 5+600 B/Der | 93  | 0.00-0.40 | 95 | 11.8 | A-2-6 (0) | Grava areno limosa color café claro. |
| 58 | 5+700 B/Izq | 96  | 0.00-0.35 | 95 | 11.8 | A-2-6 (0) | Grava areno limosa color café claro. |
| 59 | 5+800 B/Der | 98  | 0.00-0.40 | 95 | 11.8 | A-2-6 (0) | Grava areno limosa color café claro. |
| 60 | 5+900 B/Izq | 100 | 0.00-0.40 | 95 | 11.8 | A-2-6 (0) | Grava areno limosa color café claro. |

|    |             |     |             |    |      |            |  |
|----|-------------|-----|-------------|----|------|------------|--|
| 61 | 6+000 B/Der | 102 | 0.00-1.50   | 95 | 11.8 | A-2-6 (0)  | Grava areno limosa color café claro.           |
| 62 | 6+100 B/lzq | 103 | 0.00-1.50   | 95 | 11.8 | A-2-6 (0)  | Grava areno limosa color café claro.           |
| 63 | 6+200 B/Der | 104 | 0.00-1.50   | 95 | 11.8 | A-2-6 (0)  | Grava areno limosa color café claro.           |
| 64 | 6+300 B/lzq | 105 | 0.00-1.50   | 95 | 11.8 | A-2-6 (0)  | Grava areno limosa color café claro.           |
| 65 | 6+400 D/Der | 106 | 0.00-1.00   | 95 | 11.8 | A-2-6 (0)  | Grava areno limosa color café claro.           |
| 66 | 6+500 B/lzq | 107 | 0.00-1.50   | 95 | 11.8 | A-2-6 (0)  | Grava areno limosa color café claro.           |
| 67 | 6+600 B/Der | 108 | 0.00-0.60   | 95 | 11.8 | A-2-6 (0)  | Grava areno limosa color café claro.           |
| 68 | 6+700 B/lzq | 110 | 0.00-0.20   | 95 | 11.8 | A-2-6 (0)  | Grava areno limosa color café claro.           |
|    |             | 111 | 0.20-1.50   | 95 | 2    | A-7-5 (16) | Arcilla limo arenosa color gris.               |
| 69 | 6+800 B/Der | 112 | 0.00-0.20   | 95 | 11.8 | A-2-6 (0)  | Grava areno limosa color café claro.           |
|    |             | 113 | 0.20-1.50   | 95 | 2    | A-7-5 (16) | Arcilla limo arenosa color gris.               |
| 70 | 6+900 B/lzq | 114 | 0.00-0.50   | 95 | 11.8 | A-2-6 (0)  | Grava areno limosa color café claro.           |
| 71 | 7+000 B/Der | 116 | 0.00-0.20   | 95 | 11.8 | A-2-6 (0)  | Grava areno limosa color café claro.           |
|    |             | 117 | 0.20-1.10   | 95 | 2    | A-7-5 (16) | Arcilla limo arenosa color gris.               |
| 72 | 7+100 B/lzq | 118 | 0.00-0.30   | 95 | 11.8 | A-2-6 (0)  | Grava areno limosa color café claro.           |
| 73 | 7+200 B/Der | 121 | 0.00-1.50   | 95 | 11.8 | A-2-6 (0)  | Grava areno limosa color café claro.           |
| 74 | 7+300 B/lzq | 122 | 0.00-1.10   | 95 | 11.8 | A-2-6 (0)  | Grava areno limosa color café claro.           |
| 75 | 7+400 B/Der | 123 | 0.00 - 1.10 | 95 | 19.2 | A-2-4 (0)  | Grava areno limosa color amarillento.          |
| 76 | 7+500 B/lzq | 125 | 0.00 - 0.40 | 95 | 19.2 | A-2-4 (0)  | Grava areno limosa color amarillento.          |
| 77 | 7+600 B/Der | 128 | 0.00 - 1.50 | 95 | 11.8 | A-2-6 (2)  | Grava areno arcillosa color amarillento claro. |
| 78 | 7+700 B/lzq | 129 | 0.00 - 0.75 | 95 | 19.2 | A-2-4 (0)  | Grava areno limosa color amarillento.          |
| 79 | 7+800 B/Der | 131 | 0.00 - 0.90 | 95 | 19.2 | A-2-4 (0)  | Grava areno limosa color amarillento.          |
| 80 | 7+900 B/lzq | 133 | 0.00 - 0.80 | 95 | 19.2 | A-2-4 (0)  | Grava areno limosa color amarillento.          |

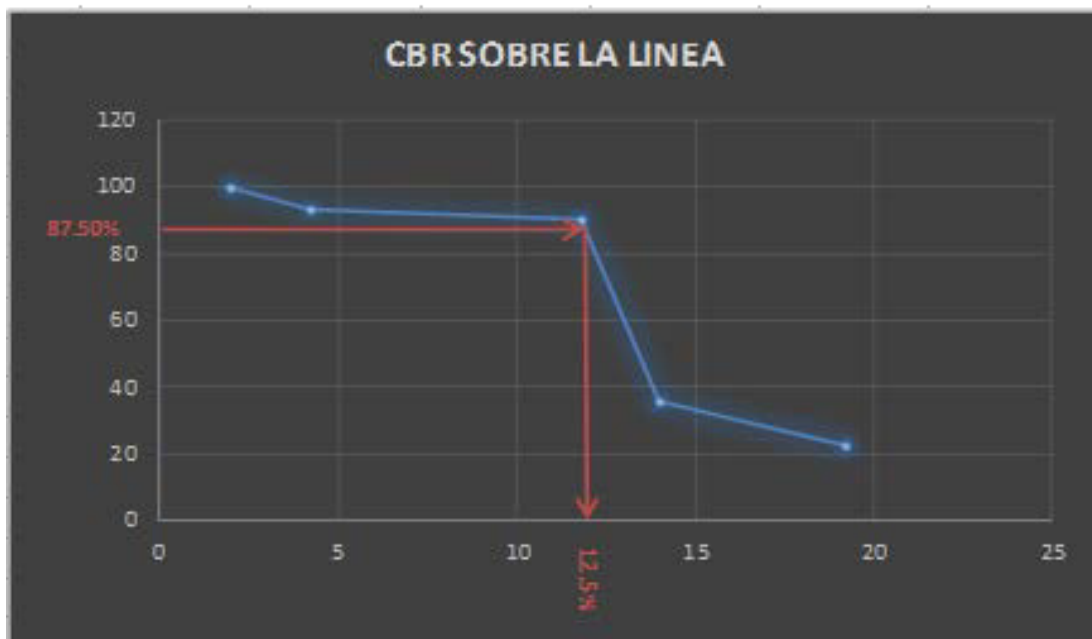
|    |                       |     |             |    |      |           |  |
|----|-----------------------|-----|-------------|----|------|-----------|--|
| 81 | 8+100 B/lz8+000 B/Der | 135 | 0.00 - 0.90 | 95 | 19.2 | A-2-4 (0) | Grava arenosa con limo color amarillento.                  |
| 82 | 8+100 B/lz8+000 B/Der | 137 | 0.00 - 0.45 | 95 | 11.8 | A-2-6 (1) | Grava arenosa con limo color gris claro.                   |
| 83 | 8+200 B/lz8+000 B/Der | 138 | 0.00 - 1.50 | 95 | 11.8 | A-2-6 (1) | Grava arenosa con arcilla color gris oscuro, pinta blanca. |
| 84 | 8+300 B/lz8+000 B/Der | 139 | 0.00 - 0.65 | 95 | 14   | A-2-7 (2) | Grava arenosa con arcilla color café claro.                |
| 85 | 8+400 B/lz8+000 B/Der | 141 | 0.00 - 0.80 | 95 | 14   | A-2-7 (2) | Grava arenosa con arcilla color café claro.                |
| 86 | 8+500 B/lz8+000 B/Der | 143 | 0.00 - 0.70 | 95 | 14   | A-2-7 (2) | Grava arenosa con arcilla color café claro.                |
| 87 | 8+600 B/lz8+000 B/Der | 145 | 0.00 - 0.55 | 95 | 14   | A-2-7 (2) | Grava arenosa con arcilla color café claro.                |
| 88 | 8+700 B/lz8+000 B/Der | 147 | 0.00 - 0.40 | 95 | 14   | A-2-7 (2) | Grava arenosa con arcilla color café claro.                |
| 89 | 8+800 B/lz8+000 B/Der | 149 | 0.00 - 1.50 | 95 | 14   | A-2-7 (2) | Grava arenosa con arcilla color café claro.                |
| 90 | 8+900 B/lz8+000 B/Der | 150 | 0.00 - 0.45 | 95 | 14   | A-2-7 (2) | Grava arenosa con arcilla color café claro.                |
| 91 | 9+000 B/lz9+000 B/Der | 152 | 0.00 - 0.75 | 95 | 11.8 | A-2-6 (0) | Grava areno limosa color café con pintas blancas.          |
| 92 | 9+100 B/lz9+000 B/Der | 154 | 0.00 - 0.30 | 95 | 11.8 | A-2-6 (0) | Grava areno limosa color rosado (Bolones de Río).          |
| 93 | 9+200 B/lz9+000 B/Der | 157 | 0.00 - 1.20 | 95 | 11.8 | A-2-6 (0) | Grava areno limosa color café con pintas blancas.          |
| 94 | 9+300 B/lz9+000 B/Der | 159 | 0.00 - 0.48 | 95 | 11.8 | A-2-6 (0) | Grava areno limosa color café con pintas blancas.          |
| 95 | 9+400 B/lz9+000 B/Der | 161 | 0.00 - 1.50 | 95 | 11.8 | A-2-6 (0) | Grava areno limosa color café con pintas blancas.          |
| 96 | 9+500 B/lz9+000 B/Der | 162 | 0.00 - 0.90 | 95 | 11.8 | A-2-6 (0) | Grava areno limosa color café con pintas blancas.          |
| 97 | 9+600 B/lz9+000 B/Der | 163 | 0.00 - 0.70 | 95 | 11.8 | A-2-6 (0) | Grava areno limosa color café con pintas blancas.          |
| 98 | 9+700 B/lz9+000 B/Der | 164 | 0.00 - 0.90 | 95 | 11.8 | A-2-6 (0) | Grava areno limosa color café con pintas blancas.          |
| 99 | 9+800 B/lz9+000 B/Der | 165 | 0.00 - 0.30 | 95 | 11.8 | A-2-6 (0) | Grava areno limosa color café con pintas blancas.          |

Fuente: Estudio Geotécnico, Lamsa Ingenieros Consultores.

## ANEXO III

### CALCULO DE CBR DE DISEÑO

| CBR  | FRECUENCIA DE CBR | NUMERO DE VALORES IGUALES O MAYORES | % DE VALORES IGUALES O MAYORES |
|------|-------------------|-------------------------------------|--------------------------------|
| 2    | 7                 | 101                                 | 100                            |
| 4.2  | 3                 | 94                                  | 93.07                          |
| 11.8 | 55                | 91                                  | 90.10                          |
| 14   | 13                | 36                                  | 35.64                          |
| 19.2 | 23                | 23                                  | 22.77                          |



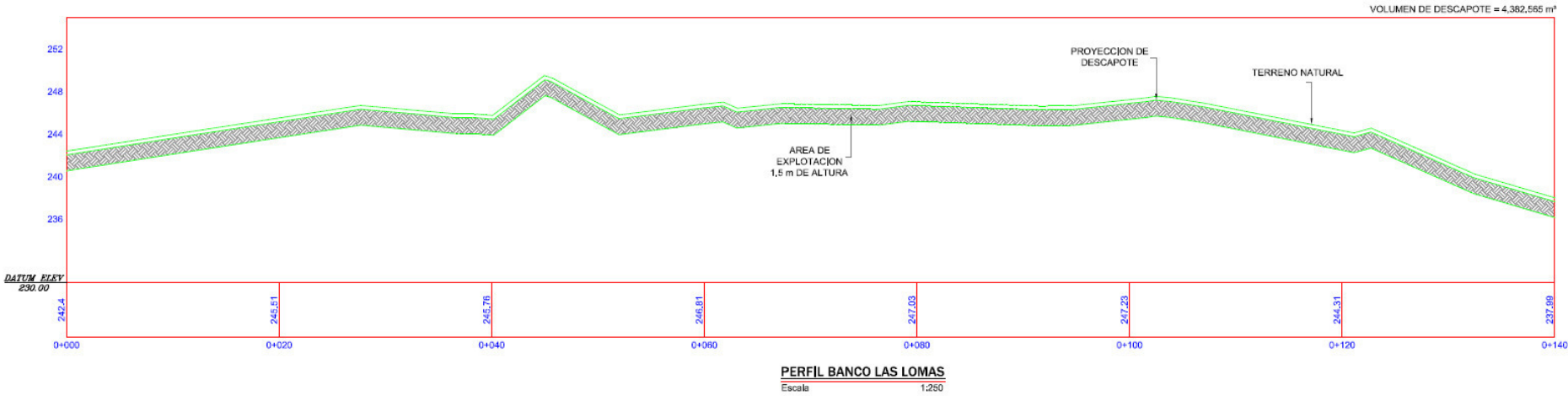


ANEXO IV

TABLA DE DATOS DE CALICATAS REALIZADAS EN BANCO LAS LOMAS N° 2.

| BANCO DE MATERIALES LAS LOMAS N°2 |                      |             |           |  |               |
|-----------------------------------|----------------------|-------------|-----------|--|---------------|
| CALICATA                          | COORDENADAS          | PROFUNDIDAD | LITOLOGIA | DESCRIPCION  | CLASIFICACION |
| 1                                 | X: 565127 Y: 1410478 | 0.00 - 1.25 |           | Grava areno limosa café claro.                                 | A-1-3 (0)     |
|                                   |                      | 1.25 - 1.47 |           | Grava arenosa (basalto) color café.                            | A-2-4 (0)     |
|                                   |                      | 1.47 a más  |           | Macizo rocoso.   |               |
| 2                                 | X: 565128 Y: 1410411 | 0.00 - 0.40 |           | Grava arenosa con arcilla y material vegetal color gris claro. | A-2-6 (0)     |
|                                   |                      | 0.40 - 1.20 |           | Grava arenosa con arcilla y limo gris claro y marrón.          | A-2-6 (0)     |
|                                   |                      | 1.20 - 3.00 |           | Grava arenosa con limo arcilloso color gris claro.             | A-2-7 (0)     |
| 3                                 | X: 565031 Y: 1410502 | 0.00 - 0.55 |           | Grava arenosa con arcilla y material vegetal color gris claro. | A-2-6 (0)     |
|                                   |                      | 0.55 - 1.10 |           | Grava arenosa con limo y arcilla café.                         | A-2-6 (0)     |
|                                   |                      | 1.10 - 2.45 |           | Arena gravosa con limo arcilloso café claro.                   | A-2-6 (0)     |
|                                   |                      | 2.45 - 2.65 |           | Grava arenosa con limo color café claro.                       | A-2-4 (0)     |

PERFIL DE POSIBLE CORTE EN EXPLOTACION DE BANCO LAS LOMAS N° 2.



Fuente: Estudio Geotécnico, Lamsa Ingenieros Consultores.

## ANEXO V

**TABLA DE DATOS DE ENSAYOS DE LABORATORIOS**  
**DEL BANCO DE MATERIAL LAS LOMAS N° 2.**

| CALICATA               | MUESTRA No. | PROFUNDIDAD | GRANULOMETRIA |     |                              |      |    |    |    |      |          |           |           |            | ENSAYES ADICIONALES |       |       |                        |                                 |                        |                                 |                        |                                      |  |                      |                           |                |                |  | Tipo de Suelo |
|------------------------|-------------|-------------|---------------|-----|------------------------------|------|----|----|----|------|----------|-----------|-----------|------------|---------------------|-------|-------|------------------------|---------------------------------|------------------------|---------------------------------|------------------------|--------------------------------------|--|----------------------|---------------------------|----------------|----------------|--|---------------|
|                        |             |             | 3"            | 2½" | % Que<br>pasa<br>tamiz<br>2" | 1 ½" | 1" | ¾" | ½" | 3/8" | No.<br>4 | No.<br>10 | No.<br>40 | No.<br>200 | L.L %               | L.P % | I.P % | Clasificación<br>H.R.B | P. Estándar                     |                        | P. Modificado                   |                        | Peso Vol.<br>Seco<br>suelto<br>kg/m³ | Peso Vol.<br>Seco<br>compacto<br>kg/m³ | Humedad Natural<br>% | % Desgaste Los<br>Angeles | % Intemperismo | % Absorción    |  |               |
|                        |             |             |               |     |                              |      |    |    |    |      |          |           |           |            |                     |       |       |                        | Peso<br>Vol.<br>Máximo<br>kg/m³ | Humedad<br>Óptima<br>% | Peso<br>Vol.<br>Máximo<br>kg/m³ | Humedad<br>Óptima<br>% |                                      |  |                      |                           |                |                |  |               |
| BANCO LAS LOMAS No. 2. |             |             |               |     |                              |      |    |    |    |      |          |           |           |            |                     |       |       |                        |                                 |                        |                                 |                        |                                      |  |                      |                           |                |                |  |               |
| 1                      | 1           | 0.00 - 1.25 |               |     | 98                           | 92   | 68 | 54 | 36 | 28   | 15       | 7         | 2         | 1          | 28                  | 22    | 6     | A-1-a (0)              | 1,568                           | 19.2                   | 1,823                           | 10.2                   | 1,412                                | 1,598                                  | 3.02                 | 39.2                      | 10.19          | 1.72           | Grava areno limosa café claro.                                 |               |
|                        | 2           | 1.25 - 1.47 |               |     | 96                           | 82   | 48 | 35 | 21 | 15   | 9        | 4         | 2         | 1          | 36                  | 28    | 8     | A-2-4 (0)              | 1,868                           | 20.4                   | 1,868                           | 14.1                   | 1,372                                | 1,501                                  | 0.54                 | 20.4                      | 6.26           | 1.30           | Grava arenosa (basalto) color café.                            |               |
|                        | -           | 1.47 a más  | MACIZO ROCOSO |     |                              |      |    |    |    |      |          |           |           |            |                     |       |       |                        |                                 |                        |                                 |                        |                                      |  | 16.6                 | 1.0                       | 0.99           | Macizo rocoso. |  |               |
| 2                      | 3           | 0.00 - 0.40 |               |     | 94                           | 88   | 67 | 54 | 40 | 31   | 16       | 10        | 7         | 5          | 38                  | 21    | 17    | A-2-6 (0)              | 1,694                           | 16.2                   | 1,815                           | 17.3                   | 1,302                                | 1,525                                  | 3.21                 |                           |                | 5.21           | Grava arenosa con arcilla y material vegetal color gris claro. |               |
|                        | 4           | 0.40 - 1.20 |               |     | 98                           | 86   | 57 | 43 | 27 | 20   | 11       | 7         | 4         | 2          | 37                  | 25    | 12    | A-2-6 (0)              | 1,501                           | 16.8                   | 1,893                           | 8.7                    | 1,332                                | 1,569                                  | 1.53                 |                           |                | 4.24           | Grava arenosa con arcilla y limo gris claro y marrón.          |               |
|                        | 5           | 1.20 - 3.00 |               |     | 98                           | 94   | 59 | 40 | 20 | 14   | 6        | 3         | 2         | 1          | 48                  | 27    | 21    | A-2-7 (0)              | 1,449                           | 16.7                   | 1,670                           | 13.0                   | 1,404                                | 1,610                                  | 0.49                 |                           |                | 2.16           | Grava arenosa con limo arcilloso color gris claro.             |               |
| 3                      | 6           | 0.00 - 0.55 |               |     | 94                           | 88   | 67 | 54 | 40 | 31   | 16       | 10        | 7         | 5          | 38                  | 21    | 17    | A-2-6 (0)              | 1,694                           | 16.2                   | 1,815                           | 17.3                   | 1,302                                | 1,525                                  | 3.21                 |                           |                | 5.21           | Grava arenosa con arcilla y material vegetal color gris claro. |               |
|                        | 7           | 0.55 - 1.10 |               |     | 100                          | 93   | 75 | 68 | 57 | 50   | 35       | 30        | 23        | 16         | 35                  | 24    | 11    | A-2-6 (0)              | 1,830                           | 14.3                   | 2,005                           | 9.9                    | 1,389                                | 1,599                                  | 3.6                  | 45.0                      | 13.0           | 3.01           | Grava arenosa con limo y arcilla café.                         |               |
|                        | 8           | 1.10 - 2.45 |               |     | 100                          | 94   | 69 | 58 | 40 | 32   | 19       | 12        | 8         | 6          | 34                  | 21    | 13    | A-2-6 (0)              | 1,570                           | 19.0                   | 1,821                           | 13.0                   | 1,342                                | 1,579                                  | 1.63                 |                           |                | 4.21           | Arena gravosa con limo arcilloso café claro.                   |               |
|                        | 9           | 2.45 - 2.65 |               |     | 100                          | 92   | 68 | 55 | 37 | 28   | 14       | 6         | 3         | 2          | 37                  | 27    | 10    | A-2-4 (0)              | 1,650                           | 18.8                   | 2,001                           | 10.1                   | 1,312                                | 1,578                                  | 0.91                 | 4.67                      | 15.30          | 3.99           | Grava arenosa con limo color café claro.                       |               |

Fuente: Informe de ensayos de laboratorio, Lamsa Ingenieros Consultores.

## DEPENDENCIA DE ESTACIONES



MINISTERIO DE TRANSPORTE E INFRAESTRUCTURA  
 DIVISION GENERAL DE PLANIFICACION  
 DIVISION ADMINISTRACION VIAL  
 OFICINA DE DIAGNOSTICO Y EVALUACION DE PAVIMENTOS

37

DEPENDENCIA DE ESTACIONES  
 2014

| ESTACION DE MAYOR COBERTURA                             | NIC     | Nº ESTACION | TIPO | Pkm   | NOMBRE DEL TRAMO                               |
|---|---------|-------------|------|-------|--|
| <b>107</b><br><b>Sébaco - Emp.</b><br><b>San Isidro</b> | NIC-1   | 108         | ECD  | 119.5 | Emp. San Isidro - La Trinidad                  |
|   | NIC-1   | 109         | ECD  | 129.1 | La Trinidad - Emp. San Nicolás                 |
|   | NIC-1   | 142         | ECD  | 140.0 | Emp. San Nicolás - Estelí                      |
|   | NIC-4   | 405         | ECD  | 65.0  | Emp. Guanacaste - Emp. Nandaime                |
|   | NIC-4B  | 434         | ECD  |       | Rtda Tisma - Rtda. Las Flores (circunvalacion) |
|   | NIC-11A | 1100        | ECD  | 38.0  | Emp. Coyotepe - Emp. Zambrano                  |
|   | NIC-11A | 1101        | ECD  | 46.1  | Emp. Zambrano - Tipitapa (Inter NIC-1)         |
|   | NIC-15  | 1501        | ECD  | 223.5 | Yalagüina - Ocotal                             |
|   | NIC-19B | 720         | ECS  | 120.0 | Emp.Santa Rosa (Inter NIC-7) - Comalapa        |
|   | NIC-20A | 126         | ECD  | 18.3  | Proincasa - Cofradia                           |
|   | NIC-35C | 2605        | ECS  | 166.0 | El Jicaral - Santa Rosa del Peñón              |
|   | NIC-52  | 5201        | ECD  | 65.0  | Emp. Puerto Sandino - Puerto Sandino           |
|   | NN-202  | 2004A       | ECD  | 19.4  | Sabana Grande - Proinco                        |

Fuente: Anuario de Aforos de Tráfico Año 2014 (MTI)

## ANEXO VII

Oficina de Diagnóstico y Evaluación de Pavimentos y Fuentes  
División de Administración Vial

237



MINISTERIO DE TRANSPORTE E INFRAESTRUCTURA  
DIVISION GENERAL DE PLANIFICACION  
DIVISION DE ADMINISTRACION VIAL  
OFICINA DE DIAGNOSTICO Y EVALUACION DE PAVIMENTOS



**ESTACION DE MAYOR COBERTURA 107**  
**SEBACO - EMPALME SAN ISIDRO**  
**FACTORES - 2014**

Factores del primer cuatrimestre del año Enero - Abril

| Descripción             | Moto | Carro | Jeep | Camioneta | Micro Bus | Mini Bus | Bus  | Liv. 2-5 t. | C2   | C3   | Tx-Sx<=4 | Tx-Sx>=5 | Cx-Rx<=4 | Cx-Rx>=5 | V.A  | V.C  | Otros |
|-------------------------|------|-------|------|-----------|-----------|----------|------|-------------|------|------|----------|----------|----------|----------|------|------|-------|
| Factor Día              | 1.24 | 1.23  | 1.31 | 1.27      | 1.33      | 1.40     | 1.17 | 1.36        | 1.38 | 1.46 | 1.40     | 1.63     | 1.00     | 2.00     | 1.00 | 1.17 | 1.27  |
| Factor Semana           | 0.97 | 1.03  | 1.01 | 0.96      | 1.04      | 1.17     | 0.98 | 0.89        | 0.91 | 0.84 | 0.83     | 0.90     | 1.00     | 1.00     | 1.00 | 1.00 | 1.06  |
| Factor Fin de Semana    | 1.07 | 0.94  | 0.98 | 1.12      | 0.92      | 0.73     | 1.05 | 1.46        | 1.33 | 1.86 | 2.00     | 1.39     | 1.00     | 1.00     | 1.00 | 1.00 | 0.88  |
| Factor Expansión a TPDA | 1.03 | 0.94  | 0.98 | 1.03      | 1.14      | 0.92     | 1.01 | 1.17        | 0.94 | 1.23 | 1.00     | 1.11     | 1.00     | 1.00     | 1.89 | 0.52 | 1.11  |

Factores del segundo cuatrimestre del año Mayo - Agosto

| Descripción             | Moto | Carro | Jeep | Camioneta | Micro Bus | Mini Bus | Bus  | Liv. 2-5 t. | C2   | C3   | Tx-Sx<=4 | Tx-Sx>=5 | Cx-Rx<=4 | Cx-Rx>=5 | V.A  | V.C  | Otros |
|-------------------------|------|-------|------|-----------|-----------|----------|------|-------------|------|------|----------|----------|----------|----------|------|------|-------|
| Factor Día              | 1.28 | 1.26  | 1.28 | 1.30      | 1.28      | 1.28     | 1.18 | 1.33        | 1.48 | 1.53 | 1.00     | 1.52     | 1.00     | 1.00     | 1.10 | 1.00 | 1.18  |
| Factor Semana           | 1.00 | 0.99  | 0.98 | 0.92      | 0.99      | 1.10     | 0.98 | 0.88        | 0.88 | 0.85 | 1.00     | 0.88     | 1.00     | 1.00     | 0.87 | 1.00 | 0.96  |
| Factor Fin de Semana    | 1.01 | 1.03  | 1.06 | 1.26      | 1.03      | 0.82     | 1.07 | 1.55        | 1.48 | 1.76 | 1.00     | 1.49     | 1.00     | 1.00     | 1.61 | 1.00 | 1.11  |
| Factor Expansión a TPDA | 1.07 | 0.90  | 1.14 | 1.01      | 0.89      | 1.05     | 1.03 | 0.99        | 1.12 | 1.01 | 1.00     | 0.93     | 1.00     | 1.00     | 0.67 | 1.22 | 0.96  |

Factores del tercer cuatrimestre del año septiembre - Diciembre

| Descripción             | Moto | Carro | Jeep | Camioneta | Micro Bus | Mini Bus | Bus  | Liv. 2-5 t. | C2   | C3   | Tx-Sx<=4 | Tx-Sx>=5 | Cx-Rx<=4 | Cx-Rx>=5 | V.A  | V.C  | Otros |
|-------------------------|------|-------|------|-----------|-----------|----------|------|-------------|------|------|----------|----------|----------|----------|------|------|-------|
| Factor Día              | 1.22 | 1.28  | 1.33 | 1.26      | 1.29      | 1.21     | 1.17 | 1.34        | 1.48 | 1.45 | 1.00     | 1.63     | 1.00     | 2.00     | 1.00 | 1.00 | 1.14  |
| Factor Semana           | 0.98 | 1.02  | 0.98 | 0.94      | 1.04      | 1.05     | 0.96 | 0.90        | 0.90 | 0.87 | 1.43     | 0.94     | 1.00     | 1.00     | 0.76 | 1.00 | 1.03  |
| Factor Fin de Semana    | 1.05 | 0.94  | 1.04 | 1.19      | 0.91      | 0.90     | 1.11 | 1.40        | 1.36 | 1.56 | 0.57     | 1.18     | 1.00     | 1.00     | 4.95 | 1.00 | 0.93  |
| Factor Expansión a TPDA | 0.91 | 1.22  | 0.91 | 0.95      | 1.00      | 1.03     | 0.97 | 0.88        | 0.95 | 0.84 | 1.00     | 0.98     | 1.00     | 1.00     | 1.02 | 3.67 | 0.95  |

Fuente: Anuario de Aforos de Tráfico Año 2014 (MTI)

## ANEXO VIII

### CLASIFICACION FUNCIONAL DE LA RED VIAL BASICA EN NICARAGUA.

MINISTERIO DE TRANSPORTE E INFRAESTRUCTURA  
CLASIFICACION FUNCIONAL DE LA RED VIAL BASICA DE NICARAGUA

LISTADO DE TRAMOS NO PAVIMENTADOS

| Código Anterior | Nombre del Tramo   | Longitud Kms. | Tipo Carretera | Tipo Superficie | Clasificación Revisión DGP-PMS |
|-----------------|--|---------------|----------------|-----------------|--------------------------------|
| NIC-35B         | Lim. Dptal. Estelí/Jinotega - San Sebastián de Yalí (Emp. Quiatas) | 6.12          | No Pavimentada | Todo Tiempo     | Colectora Secundaria           |
| NIC-35C         | El Jicaral - Lim. Mcpal. El Jicaral/Sta. Rosa del Peñón            | 4.48          | No Pavimentada | Revestida       | Colectora Secundaria           |
| NIC-35C         | Lim. Mcpal. El Jicaral/Sta. Rosa del Peñón - Sta. Rosa del Peñón   | 5.77          | No Pavimentada | Revestida       | Colectora Secundaria           |
| NIC-35D         | San Sebastián de Yalí - La Rica                                    | 26.21         | No Pavimentada | Revestida       | Colectora Secundaria           |
| NIC-37A         | Las Lajitas - Cuapa  | 21.17         | No Pavimentada | Revestida       | Colectora Secundaria           |
| NIC-37B         | Juigalpa - Puerto Díaz   | 27.50         | No Pavimentada | Revestida       | Colectora Secundaria           |
| NIC-38          | El Sauce - Río Grande  | 13.05         | No Pavimentada | Revestida       | Colectora Secundaria           |
| NIC-38          | Río Grande - Achupapa  | 10.21         | No Pavimentada | Revestida       | Colectora Secundaria           |
| NIC-38          | Achupapa - Las Brisas (Lim. Dptal. León/Estelí)                    | 10.06         | No Pavimentada | Revestida       | Colectora Secundaria           |
| NIC-38          | Las Brisas (Lim. Dptal. León/Estelí) - San Juan de Limay           | 6.43          | No Pavimentada | Revestida       | Colectora Secundaria           |
| NIC-38          | San Juan de Limay - Lim. Mcpal. Sn. Juan de Limay/Pueblo Nuevo     | 18.37         | No Pavimentada | Revestida       | Colectora Secundaria           |
| NIC-38          | Lim. Mcpal. Sn. Juan de Limay/Pueblo Nuevo - Paso Hondo            | 12.06         | No Pavimentada | Revestida       | Colectora Secundaria           |
| NIC-38          | Paso Hondo - Pueblo Nuevo  | 5.50          | No Pavimentada | Revestida       | Colectora Secundaria           |
| NIC-40          | Emp. El Tránsito - El Tránsito                                     | 12.48         | No Pavimentada | Revestida       | Colectora Secundaria           |
| NIC-40          | El Tránsito - La Gloria  | 10.25         | No Pavimentada | Revestida       | Colectora Secundaria           |
| NIC-41          | Emp. San Gabriel - Sisle   | 5.57          | No Pavimentada | Revestida       | Colectora Secundaria           |
| NIC-41          | Sisle - La Porrita   | 6.42          | No Pavimentada | Revestida       | Colectora Secundaria           |
| NIC-41          | La Porrita - Emp. Las Cruces                                       | 13.16         | No Pavimentada | Revestida       | Colectora Secundaria           |
| NIC-44          | León - Chacaraseca   | 5.55          | No Pavimentada | Revestida       | Colectora Secundaria           |
| NIC-44          | Chacaraseca - Lim. Mcpal. León/La Paz Centro                       | 2.05          | No Pavimentada | Revestida       | Colectora Secundaria           |
| NIC-44          | Lim. Mcpal. León/La Paz Centro - Las Sabanetas(Inter Nic-22)       | 19.58         | No Pavimentada | Revestida       | Colectora Secundaria           |
| NIC-47          | Ciudad Darío - Terrabona   | 18.49         | No Pavimentada | Revestida       | Colectora Secundaria           |
| NIC-49A         | El Triángulo - Emp. Mayocunda                                      | 14.19         | No Pavimentada | Revestida       | Colectora Secundaria           |
| NIC-49A         | Emp. Mayocunda - La Garza (Lim. Dptal. Chinandega/León)            | 11.79         | No Pavimentada | Revestida       | Colectora Secundaria           |
| NIC-5           | La Dalia - Cementerio Cerro Verde                                  | 8.73          | No Pavimentada | Revestida       | Colectora Secundaria           |
| NIC-5           | Cementerio Cerro Verde - El Comején                                | 25.85         | No Pavimentada | Revestida       | Colectora Secundaria           |
| NIC-5           | El Comején - Waslala   | 32.64         | No Pavimentada | Revestida       | Colectora Secundaria           |

Fuente: Revista de Red vial de Nicaragua, 2010

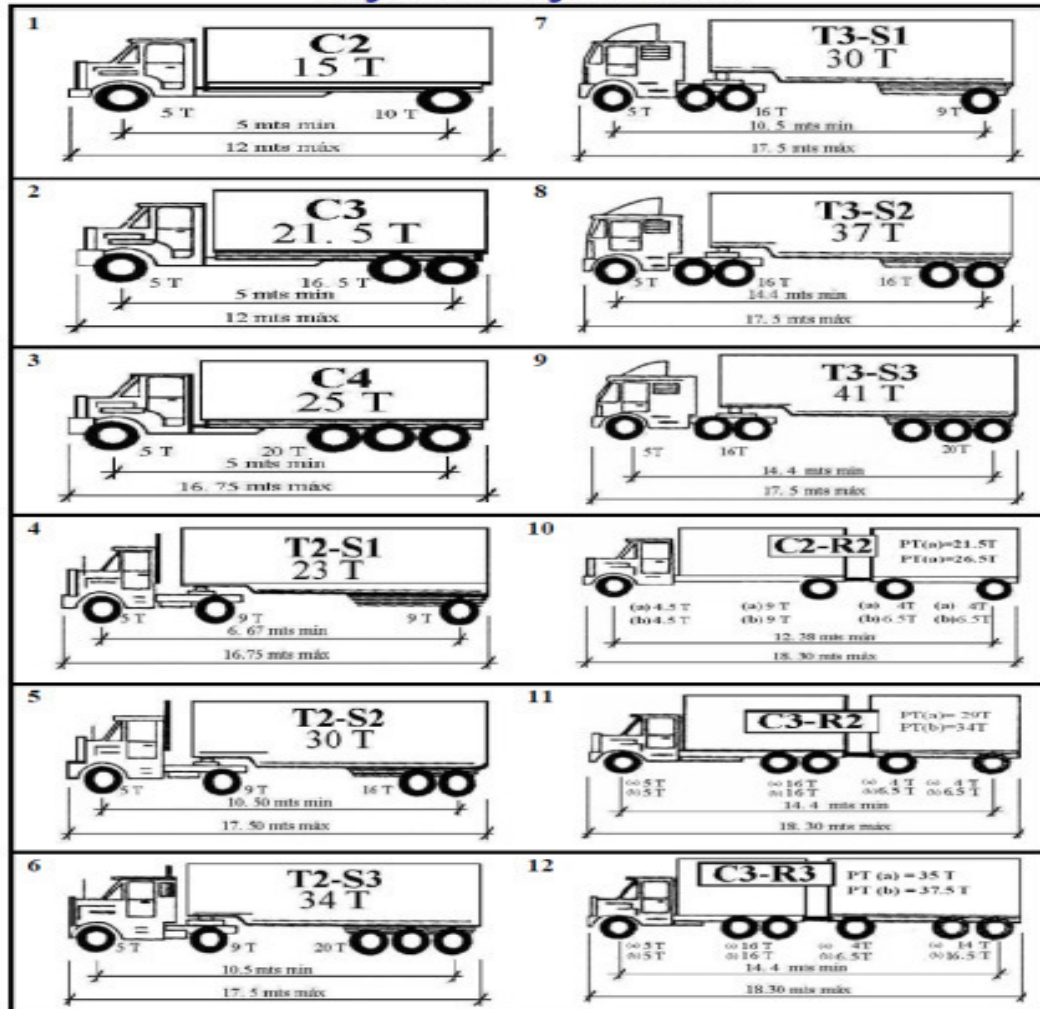


## ANEXO IX

### DIAGRAMA DE CARGAS PERMISIBLES.

MINISTERIO DE TRANSPORTE E INFRAESTRUCTURA  
DIRECCIÓN GENERAL DE VIALIDAD  
Departamento de Pesos y Dimensiones

Diagrama de Cargas Permisible



Note: El Peso máximo permisible será el menor entre el especificado por el fabricante y el contenido en esta columna.

(a): Eje sencillo, llanta sencilla.

(b): Eje sencillo, llanta doble

\* Según vehículo cargado o descargado excederá en: Ancho: 2.60 mts, Alto: 4.15 mts, Largo: 2 ejes 12 mts, 3 ejes 12 mts, semiremolque 17.50 mts, otras combinaciones desde 18.30 mts hasta 23 mts máximo.

\* Para los ejes dobles (tandem) y triple la separación de centros comprendidos entre las ruedas es entre 1.0 y 1.30 mts.

Fuente: Dirección General de vialidad, MTI

## ANEXO X

### MODULO DE REACCIÓN (K) DE LA SUB-RASANTE

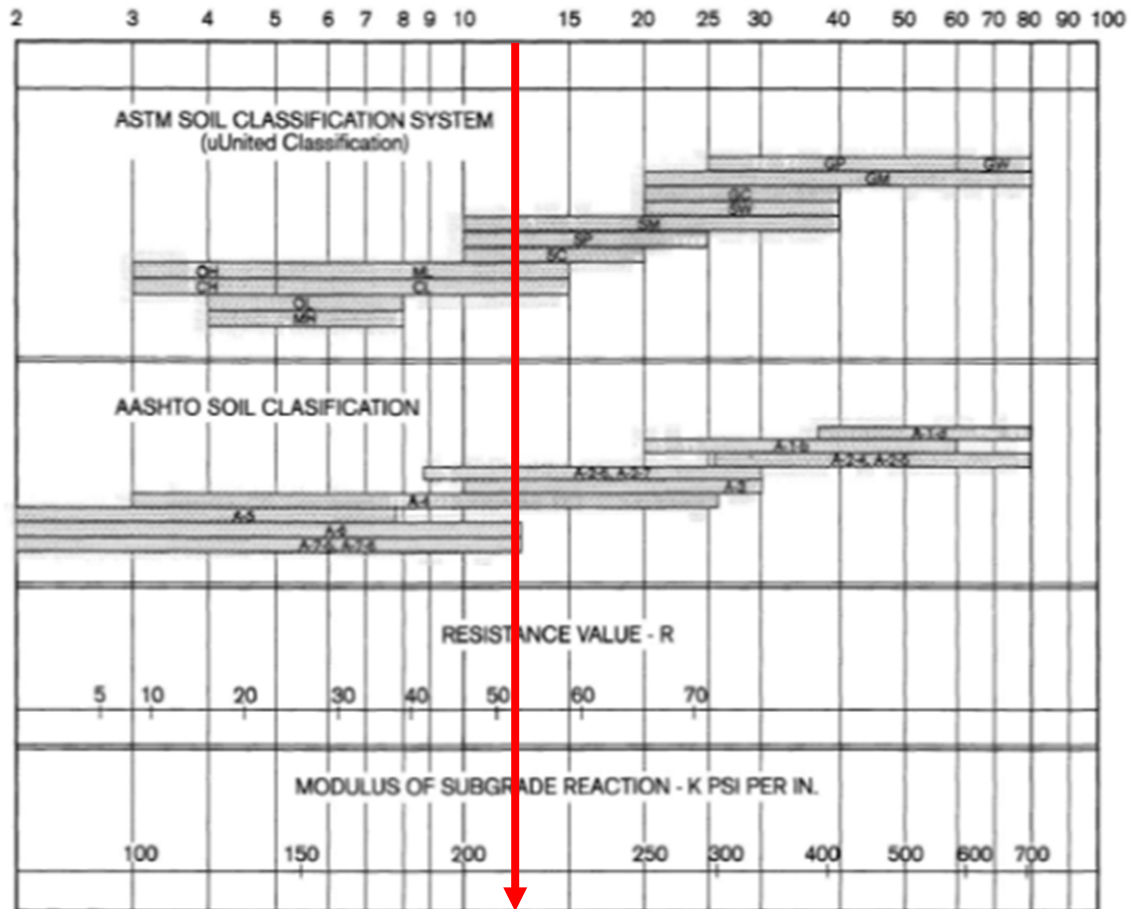


Figura 2.5-3 Relación aproximada entre las clasificaciones del suelo y sus valores de resistencia.

215PCI

Fuente: Manual C.A para diseños de Pavimentos.

## ANEXO XI

| FORMATO PARA EL DISEÑO DE ESPESORES POR EL METODO DE LA PCA |  |  |                 |  |                            |  |
|---|--|--|-----------------|--|----------------------------|--|
| CALCULO DE ESPESORES DEL PAVIMENTO                          |  |  |                 |  |                            |  |
| PROYECTO: EL JICARAL - SANTA ROSA DEL PEÑON                 |  |  | 7.5             |  | PASAJUNTAS: NO             |  |
| ESPESOR INICIAL, Pulg.:                                     |  |  | 245             |  | APOYO LATERAL: SI          |  |
| MODULO DE REACCION K DE LA SUBRASANTE, PCI:                 |  |  | 640.1           |  | PERIODO DE DISEÑO: 20 AÑOS |  |
| MODULO DE RUPTURA MR, PSI:                                  |  |  | 1.1             |  | COMENTARIOS:               |  |
| FACTOR DE SEGURIDAD DE CARGA LSF:                           |  |  | Base 6 pulgadas |  |                            |  |

| Carga del Eje, Kips               | Multiplicada por LSF | Repeticiones Esperadas | Analisis de Fatiga       |             | Analisis de Erosion      |           |
|-----------------------------------|----------------------|------------------------|--------------------------|-------------|--------------------------|-----------|
|                                   |                      |                        | Repeticiones Permisibles | % de Fatiga | Repeticiones Permisibles | % de Daño |
| 1                                 | 2                    | 3                      | 4                        | 5           | 6                        | 7         |
| 8: Esfuerzo Equivalente           |                      | 208.70                 |                          |             | 10: Factor de Erosion    | 2.64      |
| 9: Factor de Relacion de Esfuerzo |                      | 0.33                   |                          |             |                          |           |

**EJES SENCILLOS**

|                                    |      |             |            |      |                       |       |
|------------------------------------|------|-------------|------------|------|-----------------------|-------|
| 22                                 | 24.2 | 505,890.00  | ILIMITADAS | 0    | 800,000.00            | 63.24 |
| 17.6                               | 19.4 | 42,158.00   | ILIMITADAS | 0    | 8000,000.00           | 0.53  |
| 11                                 | 12.1 | 656,453.00  | ILIMITADAS | 0    | ILIMITADAS            | 0     |
| 8.8                                | 9.7  | 66,248.00   | ILIMITADAS | 0    | ILIMITADAS            | 0     |
| 4.4                                | 4.8  | 457,710.00  | ILIMITADAS | 0    | ILIMITADAS            | 0     |
| 2.2                                | 2.4  | 1156,320.00 | ILIMITADAS | 0    | ILIMITADAS            | 0     |
| Sub Total Ejes Sencillos           |      |             |            | 0.00 |                       | 63.76 |
| 11: Esfuerzo Equivalente           |      | 175.7       |            |      | 13: Factor de Erosion | 2.69  |
| 12: Factor de Relacion de Esfuerzo |      | 0.27        |            |      |                       |       |

**EJES DOBLES**

|                          |      |            |            |      |                      |       |
|--------------------------|------|------------|------------|------|----------------------|-------|
| 36.3                     | 39.9 | 72,270.00  | ILIMITADAS | 0    | 2900,000.00          | 2.49  |
| 35.2                     | 38.7 | 144,540.00 | ILIMITADAS | 0    | 4000,000.00          | 3.61  |
| Sub Total Ejes Sencillos |      |            |            | 0    |                      | 6.11  |
| <b>TOTAL FATIGA</b>      |      |            |            | 0.00 | <b>TOTAL EROSION</b> | 69.87 |

Porque los daños totales por fatiga y por erosion son inferiores al 100%, y ya que provoca los daños mas cercanos al 100% sin superar este valor, definimos un espesor de losa de 7.5 pulgadas.

**BS-PCA - DISEÑO PAVIMENTOS RIGIDOS PCA**

Opciones Sensibilidad Terminar

Resistencia K del Apoyo : 245 **PCI (lb/pulg3)**

Espesor de la Losa : 7.5 **pulgadas**

Módulo de Rotura Losa : 640.1 **PSI (lb/pulg2)**

☒ Con Bermas  
☐ Con Pasadores

TRANSITO: **KIPS**

Factor de Seguridad Carga : 1.1

Factor de Mayoración de Repeticiones : 1

**Ejes Sencillos** **Ejes Tandem** **Ejes Tridem**

Total Consumo Esfuerzo (%): 0

Total Consumo Erosión (%): 61.0797

**Calcular**  
**Imprimir**  
**Salir**



## ANEXO XII

**FORMATO PARA EL DISEÑO DE ESPESORES POR EL METODO DE LA PCA**

**CALCULO DE ESPESORES DEL PAVIMENTO**

PROYECTO: EL JICARAL - SANTA ROSA DEL PEÑON  
 ESPESOR INICIAL, Pulg.: 7  
 MODULO DE REACCION K DE LA SUBRASANTE, PCI: 245  
 MODULO DE RUPTURA MR, PSI: 640.1  
 FACTOR DE SEGURIDAD DE CARGA LSF: 1.1

PASAJUNTAS: NO  
 APOYO LATERAL: SI  
 PERIODO DE DISEÑO: 20 AÑOS  
 COMENTARIOS: Base 6 pulgadas

| Carga del Eje, Kips               | Multiplicada por LSF | Repeticiones Esperadas | Analisis de Fatiga       |             | Analisis de Erosion      |           |
|-----------------------------------|----------------------|------------------------|--------------------------|-------------|--------------------------|-----------|
|                                   |                      |                        | Repeticiones Permisibles | % de Fatiga | Repeticiones Permisibles | % de Daño |
| 1                                 | 2                    | 3                      | 4                        | 5           | 6                        | 7         |
| 8: Esfuerzo Equivalente           |                      | 228.80                 |                          |             | 10: Factor de Erosion    | 2.72      |
| 9: Factor de Relacion de Esfuerzo |                      | 0.36                   |                          |             |                          |           |

**EJES SENCILLOS**

| 22                       | 24.2 | 505,890.00  | 2500000    | 20.2356 | 445,000.00  | 113.68 |
|--------------------------|------|-------------|------------|---------|-------------|--------|
| 17.6                     | 19.4 | 42,158.00   | ILIMITADAS | 0       | 2300,000.00 | 1.83   |
| 11                       | 12.1 | 656,453.00  | ILIMITADAS | 0       | ILIMITADAS  | 0      |
| 8.8                      | 9.7  | 66,248.00   | ILIMITADAS | 0       | ILIMITADAS  | 0      |
| 4.4                      | 4.8  | 457,710.00  | ILIMITADAS | 0       | ILIMITADAS  | 0      |
| 2.2                      | 2.4  | 1156,320.00 | ILIMITADAS | 0       | ILIMITADAS  | 0      |
| Sub Total Ejes Sencillos |      |             |            | 20.24   |             | 115.52 |

11: Esfuerzo Equivalente 191.7  
 12: Factor de Relacion de Esfuerzo 0.30

13: Factor de Erosion 2.75

**EJES DOBLES**

| 36.3                     | 39.9 | 72,270.00  | ILIMITADAS | 0 | 1700,000.00 | 4.25  |
|--------------------------|------|------------|------------|---|-------------|-------|
| 35.2                     | 38.7 | 144,540.00 | ILIMITADAS | 0 | 1900,000.00 | 7.61  |
| Sub Total Ejes Sencillos |      |            |            | 0 |             | 11.86 |

**TOTAL FATIGA** 20.24 **TOTAL EROSION** 127.37

Los daños totales por fatiga son inferiores al 100%, sin embargo los daños totales por erosion son superiores al 100%, no se utiliza este espesor de losa de 7 pulgadas, ya que causara el rapido deterioro de la carpeta de rodamiento

**BS-PCA - DISEÑO PAVIMENTOS RIGIDOS PCA**

Opciones Sensibilidad Terminar

Resistencia K del Apoyo: 245 **PCI (lb/pulg3)**  
 Espesor de la Losa: 7 **pulgadas**  
 Módulo de Rotura Losa: 640.1 **PSI (lb/pulg2)**

☒ Con Bermas  
☐ Con Pasadores

TRANSITO  
**KIPS**  
 Factor de Seguridad Carga: 1.1  
 Factor de Mayoración de Repeticiones: 1

**Ejes Sencillos** **Ejes Tandem** **Ejes Tridem**

**Calcular**  
**Imprimir**  
**Salir**

Total Consumo Esfuerzo (%): **18.7356**  
 Total Consumo Erosión (%): **119.6971**

## ANEXOXIII

**FORMATO PARA EL DISEÑO DE ESPESORES POR EL METODO DE LA PCA**

**CALCULO DE ESPESORES DEL PAVIMENTO**

PROYECTO: EL JICARAL - SANTA ROSA DEL PEÑON  
 ESPESOR INICIAL, Pulg.: 8  
 MODULO DE REACCION K DE LA SUBRASANTE, PCI: 245  
 MODULO DE RUPTURA MR, PSI: 640.1  
 FACTOR DE SEGURIDAD DE CARGA LSF: 1.1

PASAJUNTAS: NO  
 APOYO LATERAL: SI  
 PERIODO DE DISEÑO: 20 AÑOS  
 COMENTARIOS: Base 6 pulgadas

| Carga del Eje, Kips | Multiplicada por LSF | Repeticiones Esperadas | Analisis de Fatiga       |             | Analisis de Erosion      |           |
|---------------------|----------------------|------------------------|--------------------------|-------------|--------------------------|-----------|
|                     |                      |                        | Repeticiones Permisibles | % de Fatiga | Repeticiones Permisibles | % de Daño |
| 1                   | 2                    | 3                      | 4                        | 5           | 6                        | 7         |

8: Esfuerzo Equivalente 191.60 10: Factor de Erosion 2.56  
 9: Factor de Relacion de Esfuerzo 0.30

**EJES SENCILLOS**

|      |      |             |            |   |              |       |
|------|------|-------------|------------|---|--------------|-------|
| 22   | 24.2 | 505,890.00  | ILIMITADAS | 0 | 1900,000.00  | 26.63 |
| 17.6 | 19.4 | 42,158.00   | ILIMITADAS | 0 | 60000,000.00 | 0.07  |
| 11   | 12.1 | 656,453.00  | ILIMITADAS | 0 | ILIMITADAS   | 0     |
| 8.8  | 9.7  | 66,248.00   | ILIMITADAS | 0 | ILIMITADAS   | 0     |
| 4.4  | 4.8  | 457,710.00  | ILIMITADAS | 0 | ILIMITADAS   | 0     |
| 2.2  | 2.4  | 1156,320.00 | ILIMITADAS | 0 | ILIMITADAS   | 0     |

Sub Total Ejes Sencillos 0.00 26.70

11: Esfuerzo Equivalente 162.15 13: Factor de Erosion 2.64  
 12: Factor de Relacion de Esfuerzo 0.25

**EJES DOBLES**

|      |      |            |            |   |             |      |
|------|------|------------|------------|---|-------------|------|
| 36.3 | 39.9 | 72,270.00  | ILIMITADAS | 0 | 4900,000.00 | 1.47 |
| 35.2 | 38.7 | 144,540.00 | ILIMITADAS | 0 | 6500,000.00 | 2.22 |

Sub Total Ejes Sencillos 0 3.70

**TOTAL FATIGA** 0.00 **TOTAL EROSION** 30.39

En este ejercicio los daños totales por fatiga y por erosion son inferiores al 100%, pero no es este espesor de 8 pulgadas el que provoca los daños mas cercanos al 100%.

**BS-PCA - DISEÑO PAVIMENTOS RIGIDOS PCA**

Opciones Sensibilidad Terminar

Resistencia K del Apoyo: 245 PCI (lb/pulg3)  
 Espesor de la Losa: 8 pulgadas  
 Módulo de Rotura Losa: 640.1 PSI (lb/pulg2)

☒ Con Bermas  
☐ Con Pasadores

TRANSITO  
 KIPS  
 Factor de Seguridad Carga: 1.1  
 Factor de Mayoración de Repeticiones: 1

Ejes Sencillos Ejes Tandem Ejes Tridem

Total Consumo Esfuerzo (%): 0  
 Total Consumo Erosión (%): 29.8956

Cargar Guardar Calcular Imprimir Salir

## ANEXO XIV

### ESFUERZO EQUIVALENTE PARA PAVIMENTOS CON APOYO LATERAL.

Esfuerzo Equivalente- Con apoyo Lateral  
Eje Sencillo / Eje Tandem / Eje Tridem

| Espesor de<br>Losa,<br>(pulgadas) | k de la subrasante, pci |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-----------------------------------|-------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|                                   | 50                      |     |     | 100 |     |     | 150 |     |     | 200 |     |     | 300 |     |     | 500 |     |     | 700 |     |     |
|                                   | Sen                     | Tán | Tri | Sen | Tán | Tri | Sen | Tán | Tri | Sen | Tán | Tri | Sen | Tán | Tri | Sen | Tán | Tri | Sen | Tán | Tri |
| 4.0                               | 640                     | 534 | 431 | 559 | 468 | 392 | 517 | 439 | 377 | 489 | 422 | 369 | 452 | 403 | 362 | 409 | 388 | 360 | 383 | 384 | 359 |
| 4.5                               | 547                     | 461 | 365 | 479 | 400 | 328 | 444 | 371 | 313 | 421 | 356 | 305 | 390 | 338 | 297 | 355 | 322 | 292 | 333 | 316 | 291 |
| 5.0                               | 475                     | 404 | 317 | 417 | 349 | 281 | 387 | 323 | 266 | 367 | 308 | 258 | 341 | 290 | 250 | 311 | 274 | 244 | 294 | 267 | 242 |
| 5.5                               | 418                     | 360 | 279 | 368 | 309 | 246 | 342 | 285 | 231 | 324 | 271 | 223 | 302 | 254 | 214 | 276 | 238 | 208 | 261 | 231 | 206 |
| 6.0                               | 372                     | 325 | 249 | 327 | 277 | 218 | 304 | 255 | 204 | 289 | 244 | 193 | 273 | 235 | 187 | 248 | 213 | 180 | 234 | 203 | 178 |
| 6.5                               | 334                     | 295 | 225 | 294 | 251 | 196 | 274 | 230 | 183 | 260 | 221 | 170 | 245 | 210 | 165 | 235 | 202 | 159 | 212 | 180 | 156 |
| 7.0                               | 302                     | 270 | 204 | 266 | 230 | 178 | 248 | 210 | 165 | 236 | 201 | 150 | 228 | 195 | 148 | 220 | 188 | 142 | 192 | 162 | 138 |
| 7.5                               | 275                     | 250 | 187 | 243 | 211 | 162 | 226 | 193 | 151 | 215 | 182 | 143 | 201 | 168 | 135 | 185 | 155 | 127 | 176 | 148 | 124 |
| 8.0                               | 252                     | 232 | 172 | 222 | 196 | 149 | 207 | 179 | 138 | 197 | 168 | 131 | 185 | 155 | 120 | 170 | 140 | 110 | 162 | 135 | 112 |
| 8.5                               | 232                     | 216 | 159 | 205 | 182 | 138 | 191 | 166 | 128 | 182 | 156 | 121 | 170 | 142 | 108 | 160 | 130 | 100 | 150 | 125 | 102 |
| 9.0                               | 215                     | 202 | 147 | 190 | 171 | 128 | 177 | 155 | 119 | 169 | 146 | 111 | 157 | 135 | 100 | 145 | 115 | 85  | 139 | 116 | 94  |
| 9.5                               | 200                     | 190 | 134 | 176 | 160 | 120 | 164 | 146 | 111 | 157 | 137 | 105 | 147 | 126 | 98  | 136 | 114 | 91  | 129 | 108 | 87  |
| 10.0                              | 186                     | 179 | 127 | 164 | 151 | 112 | 153 | 137 | 104 | 146 | 129 | 98  | 137 | 118 | 91  | 127 | 107 | 84  | 121 | 101 | 81  |
| 10.5                              | 174                     | 170 | 119 | 154 | 143 | 105 | 144 | 130 | 97  | 137 | 121 | 92  | 128 | 111 | 86  | 119 | 101 | 79  | 113 | 95  | 76  |
| 11.0                              | 164                     | 161 | 111 | 144 | 135 | 99  | 135 | 123 | 92  | 129 | 115 | 87  | 120 | 105 | 81  | 112 | 95  | 74  | 106 | 90  | 71  |
| 11.5                              | 154                     | 153 | 104 | 136 | 128 | 93  | 127 | 117 | 86  | 121 | 109 | 82  | 113 | 100 | 76  | 105 | 90  | 70  | 100 | 85  | 67  |
| 12.0                              | 145                     | 146 | 97  | 128 | 122 | 88  | 120 | 111 | 82  | 114 | 104 | 78  | 107 | 95  | 72  | 99  | 86  | 66  | 95  | 81  | 63  |
| 12.5                              | 137                     | 139 | 91  | 121 | 117 | 83  | 113 | 106 | 78  | 108 | 99  | 74  | 101 | 91  | 68  | 94  | 82  | 63  | 90  | 77  | 60  |
| 13.0                              | 130                     | 133 | 85  | 115 | 112 | 79  | 107 | 101 | 74  | 102 | 95  | 70  | 96  | 86  | 65  | 89  | 78  | 60  | 85  | 73  | 57  |
| 13.5                              | 124                     | 124 | 80  | 109 | 107 | 75  | 102 | 97  | 70  | 97  | 91  | 67  | 91  | 83  | 62  | 85  | 74  | 57  | 81  | 70  | 54  |
| 14.0                              | 118                     | 122 | 75  | 104 | 103 | 71  | 97  | 93  | 67  | 93  | 87  | 63  | 87  | 79  | 59  | 81  | 71  | 54  | 77  | 67  | 51  |

K=245

Interpolación=208.7

K=245

Interpolación=175.70

Fuente: Manual C.A para diseños de pavimentos

## ANEXO XV

### FACTORES DE EROSIÓN PARA PAVIMENTOS SIN PASAJAUNTAS Y CON APOYO LATERAL.

**Factores de Erosión - Sin Pasajuntas - Con Apoyo Lateral**  
**Eje Sencillo / Eje Tandem / Eje Tridem**

| Espesor de Losa, (pulgadas) | k de la subrasante, pci |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------------------------|-------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                             | 50                      |      |      | 100  |      |      | 200  |      |      | 300  |      |      | 500  |      |      | 700  |      |      |
|                             | Sen                     | Tán  | Tri  | Sen  | Tán  | Tri  | Sen  | Tán  | Tri  | Sen  | Tán  | Tri  | Sen  | Tán  | Tri  | Sen  | Tán  | Tri  |
| 4.0                         | 3.46                    | 3.49 | 3.50 | 3.42 | 3.39 | 3.38 | 3.38 | 3.32 | 3.30 | 3.36 | 3.29 | 3.25 | 3.32 | 3.26 | 3.21 | 3.28 | 3.24 | 3.16 |
| 4.5                         | 3.32                    | 3.39 | 3.40 | 3.28 | 3.28 | 3.28 | 3.24 | 3.19 | 3.18 | 3.22 | 3.16 | 3.13 | 3.19 | 3.12 | 3.08 | 3.15 | 3.09 | 3.04 |
| 5.0                         | 3.20                    | 3.30 | 3.32 | 3.16 | 3.18 | 3.19 | 3.12 | 3.09 | 3.08 | 3.10 | 3.05 | 3.03 | 3.07 | 3.00 | 2.97 | 3.04 | 2.97 | 2.93 |
| 5.5                         | 3.10                    | 3.22 | 3.26 | 3.05 | 3.10 | 3.11 | 3.01 | 3.00 | 3.00 | 2.99 | 2.95 | 2.94 | 2.96 | 2.90 | 2.87 | 2.93 | 2.86 | 2.83 |
| 6.0                         | 3.00                    | 3.15 | 3.20 | 2.95 | 3.02 | 3.05 | 2.90 | 2.92 | 2.92 | 2.88 | 2.87 | 2.86 | 2.86 | 2.81 | 2.79 | 2.83 | 2.77 | 2.74 |
| 6.5                         | 2.91                    | 3.08 | 3.41 | 2.86 | 2.96 | 2.99 | 2.81 | 2.87 | 2.87 | 2.82 | 2.81 | 2.80 | 2.76 | 2.73 | 2.72 | 2.74 | 2.68 | 2.67 |
| 7.0                         | 2.83                    | 3.02 | 3.09 | 2.77 | 2.90 | 2.94 | 2.73 | 2.78 | 2.78 | 2.75 | 2.74 | 2.73 | 2.68 | 2.66 | 2.65 | 2.65 | 2.61 | 2.0  |
| 7.5                         | 2.76                    | 2.97 | 3.05 | 2.70 | 2.84 | 2.89 | 2.65 | 2.72 | 2.75 | 2.62 | 2.66 | 2.67 | 2.60 | 2.59 | 2.59 | 2.57 | 2.54 | 2.54 |
| 8.0                         | 2.69                    | 2.92 | 3.01 | 2.60 | 2.79 | 2.84 | 2.57 | 2.67 | 2.70 | 2.55 | 2.61 | 2.62 | 2.52 | 2.53 | 2.54 | 2.50 | 2.48 | 2.48 |
| 8.5                         | 2.63                    | 2.88 | 2.97 | 2.56 | 2.74 | 2.80 | 2.51 | 2.62 | 2.65 | 2.50 | 2.56 | 2.57 | 2.48 | 2.49 | 2.49 | 2.43 | 2.43 | 2.43 |
| 9.0                         | 2.57                    | 2.83 | 2.94 | 2.50 | 2.70 | 2.77 | 2.44 | 2.57 | 2.60 | 2.45 | 2.51 | 2.52 | 2.43 | 2.44 | 2.44 | 2.36 | 2.38 | 2.38 |
| 9.5                         | 2.51                    | 2.79 | 2.91 | 2.44 | 2.65 | 2.73 | 2.38 | 2.53 | 2.58 | 2.36 | 2.46 | 2.49 | 2.33 | 2.38 | 2.40 | 2.30 | 2.33 | 2.34 |
| 10.0                        | 2.46                    | 2.75 | 2.88 | 2.39 | 2.61 | 2.70 | 2.33 | 2.49 | 2.54 | 2.30 | 2.51 | 2.46 | 2.27 | 2.34 | 2.36 | 2.24 | 2.28 | 2.29 |
| 10.5                        | 2.41                    | 2.72 | 2.85 | 2.33 | 2.58 | 2.67 | 2.27 | 2.45 | 2.51 | 2.24 | 2.38 | 2.42 | 2.21 | 2.30 | 2.32 | 2.19 | 2.24 | 2.26 |
| 11.0                        | 2.36                    | 2.68 | 2.83 | 2.28 | 2.54 | 2.65 | 2.22 | 2.41 | 2.48 | 2.19 | 2.34 | 2.39 | 2.16 | 2.26 | 2.29 | 2.14 | 2.20 | 2.22 |
| 11.5                        | 2.32                    | 2.65 | 2.80 | 2.24 | 2.51 | 2.62 | 2.17 | 2.37 | 2.45 | 2.14 | 2.31 | 2.36 | 2.11 | 2.22 | 2.26 | 2.09 | 2.16 | 2.19 |
| 12.0                        | 2.28                    | 2.62 | 2.78 | 2.19 | 2.48 | 2.59 | 2.13 | 2.34 | 2.54 | 2.10 | 2.27 | 2.33 | 2.06 | 2.19 | 2.23 | 2.01 | 2.13 | 2.16 |
| 12.5                        | 2.24                    | 2.59 | 2.76 | 2.15 | 2.45 | 2.57 | 2.09 | 2.31 | 2.40 | 2.05 | 2.24 | 2.31 | 2.02 | 2.15 | 2.20 | 1.99 | 2.10 | 2.13 |
| 13.0                        | 2.20                    | 2.56 | 2.74 | 2.11 | 2.42 | 2.55 | 2.04 | 2.28 | 2.38 | 2.01 | 2.21 | 2.28 | 1.98 | 2.15 | 2.17 | 1.95 | 2.06 | 2.10 |
| 13.5                        | 2.16                    | 2.53 | 2.72 | 2.08 | 2.39 | 2.53 | 2.00 | 2.25 | 2.35 | 1.97 | 2.18 | 2.26 | 1.93 | 2.09 | 2.15 | 1.91 | 2.03 | 2.07 |
| 14.0                        | 2.13                    | 2.51 | 2.70 | 2.04 | 2.36 | 2.51 | 1.97 | 2.23 | 2.33 | 1.93 | 2.15 | 2.24 | 1.89 | 2.06 | 2.12 | 1.87 | 2.00 | 2.05 |

Fuente: Manual C.A para diseños de pavimentos

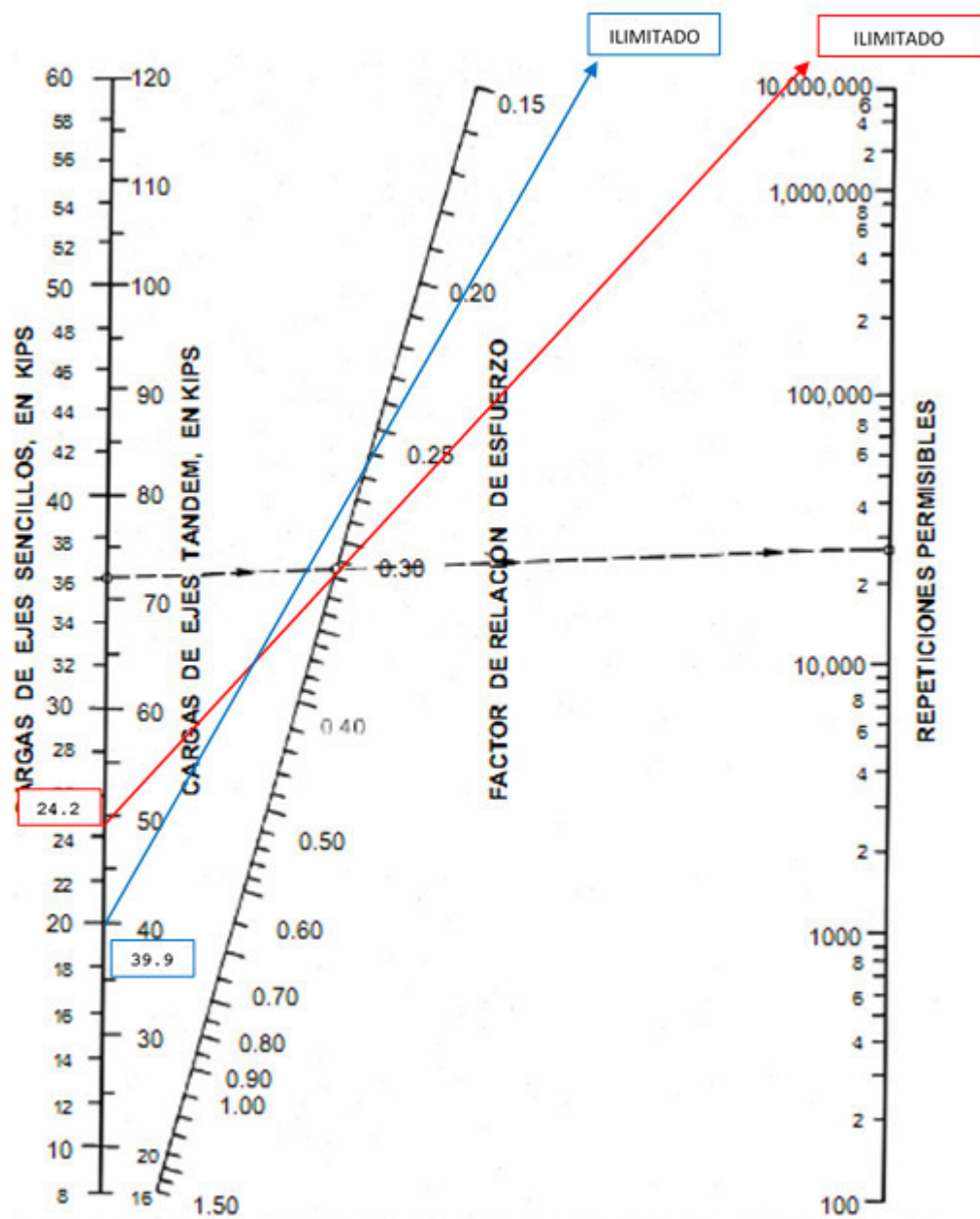
## ANEXO XVI

### CALCULO DE INTERPOLACIÓN

| INTERPOLACION EJES SENCILLOS |     |     |        |                    |     |     |      |
|------------------------------|-----|-----|--------|--------------------|-----|-----|------|
|                              |     |     |        |                    |     |     |      |
| FATIGA                       |     |     |        | EROSION            |     |     |      |
| EJES SENCILLOS 7.5           |     |     |        | EJES SENCILLOS 7.5 |     |     |      |
| X=                           | 245 | Y=  | 208.70 | X=                 | 245 | Y=  | 2.64 |
| X0=                          | 200 | Y0= | 215    | X0=                | 200 | Y0= | 2.65 |
| X1=                          | 300 | Y1= | 201    | X1=                | 300 | Y1= | 2.62 |
|                              |     |     |        |                    |     |     |      |
|                              |     |     |        |                    |     |     |      |
|                              |     |     |        |                    |     |     |      |
| INTERPOLACION EJES DOBLES    |     |     |        |                    |     |     |      |
|                              |     |     |        |                    |     |     |      |
| FATIGA                       |     |     |        | EROSION            |     |     |      |
| EJES DOBLES 7.5              |     |     |        | EJES DOBLES 7.5    |     |     |      |
| X=                           | 245 | Y=  | 175.70 | X=                 | 245 | Y=  | 2.69 |
| X0=                          | 200 | Y0= | 182    | X0=                | 200 | Y0= | 2.72 |
| X1=                          | 300 | Y1= | 168    | X1=                | 300 | Y1= | 2.66 |

## ANEXO XVII

### DIAGRAMA FACTOR RELACIÓN DE ESFUERZO.



Fuente: Manual C.A para diseños de pavimentos



## ANEXO XVIII

### DIAGRAMA DE RELACIÓN DE FACTOR DE EROSIÓN.

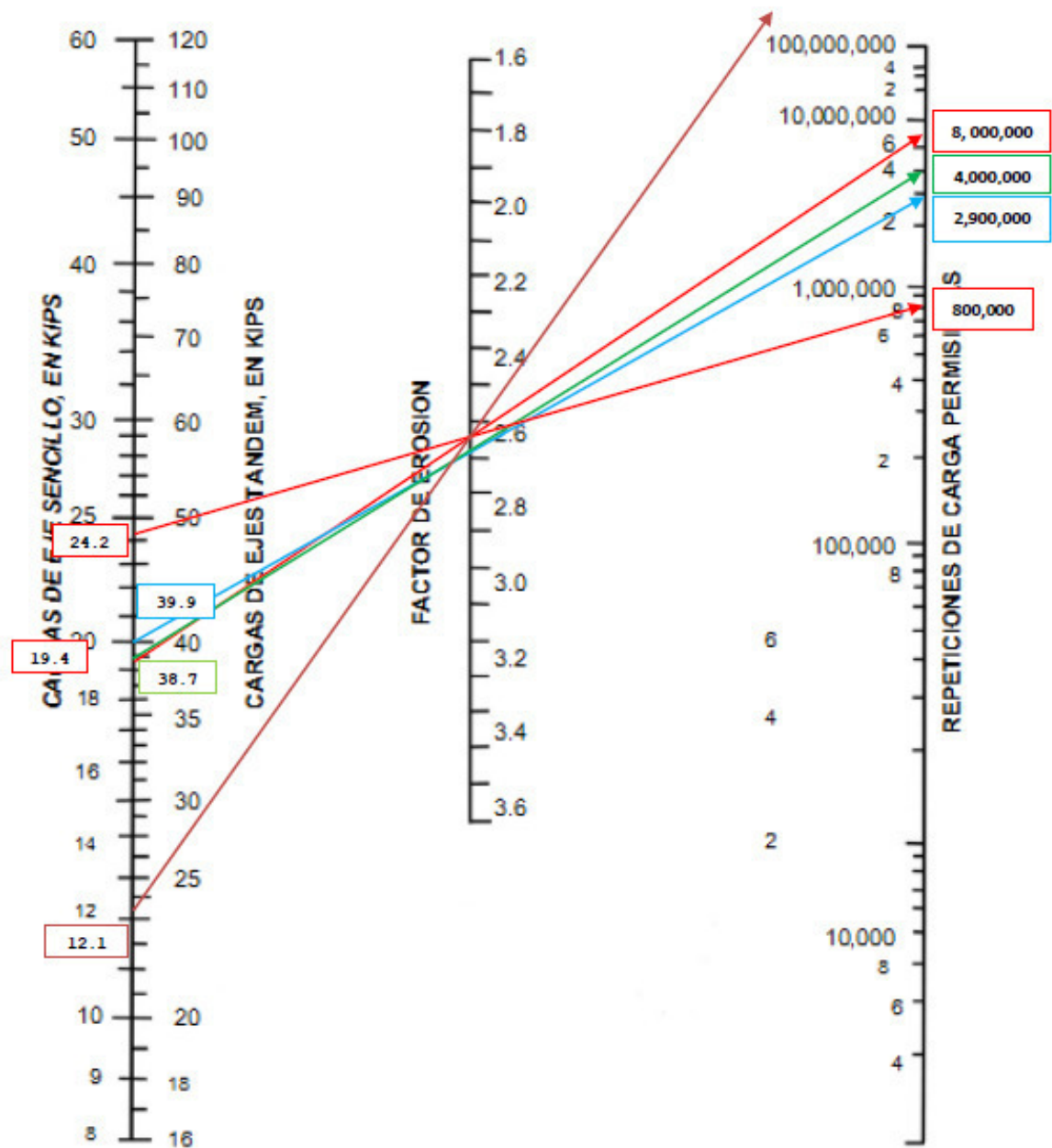


FIGURA 2.5.6.4 Análisis de Erosión (Repeticiones permisibles basadas en el factor de erosión, con apoyo lateral).

Fuente: Manual C.A para diseños de pavimentos.

## ANEXO XIX

### CEMENTO PORTLAND.

CUADRO 1001-1  
TIPOS DE CEMENTO

| Tipo                        | Especificación |
|-----------------------------|----------------|
| Cemento Portland            | AASHTO M 85    |
| Cemento hidráulico mezclado | AASHTO M 240   |
| Cemento para Mampostería    | ASTM C 91      |

Fuente: Manual C.A para diseños de pavimentos

## ANEXO XX

### Agregado Fino.

1003.01 Agregado Fino para Concreto de Cemento Portland.- Suministrar arena que llene los requisitos de AASHTO M6 Clase B, incluyendo el requisito suplementario para el agregado reactivo, excepto las enmiendas o suplementos siguientes:

(a) Material que pasa el tamiz de 75  $\mu$ -m, AASHTO T 11 .....3.0% máx.

(b) Valor del Equivalente de Arena, AASHTO T176 (método de testigo).....75 mín.

Para agregado fino de peso liviano, cumplir con AASHTO M.....195.

El agregado fino no deberá contener sustancias perjudiciales en exceso de los siguientes porcentajes:

Terrones de arcilla.....1.0

Carbón de piedra y lignito 1.0

Material que pase por el tamiz No. 200 (75 $\mu$ -m).....3.0

Otras Sustancias, Según lo indiquen las CEC.



## **ANEXO XXI**

### **Agregado Grueso.**

1003.02 Material Grueso para Concreto de Cemento Portland.- De acuerdo con AASHTO M80, Clase A, excepto las enmiendas o suplementos siguientes:

- (a) Desgaste de Los Ángeles, AASHTO T 96.....40% máx.
- (b) Adherencias FLHT 512.....1.0% máx.

Para las graduaciones aceptables aparecen en el cuadro 1003-2.

Para losas de puentes o capas superficiales, no usar agregado del que se sepa que se pule o agregados carbonatados que contengan menos del 25.0%, en peso, de residuo insoluble, determinado de acuerdo con AASHTO D 3042.

Para agregados gruesos de peso liviano, cumplir con AASHTO M 195

## **Anexo XXII**

### **Elaboración de concreto hidráulico.**

El concreto se recomienda que sea premezclado profesionalmente, de resistencia a la flexión S" c O" módulo de ruptura igual a la especificada en el proyecto.

El revenimiento apropiado para la colocación de concreto con cimbra fija es: En Superficies planas con pendientes ligeras 10+- 2cm.

En superficies con pendientes mayores al 8% 8+-1cm.

Es importante garantizar la calidad del concreto y que el suministro sea constante y continuo para mantener homogeneidad del pavimento, se recomienda que entre el tendido de una olla mezcladora y otra no transcurra más de 25 minutos, aunque de preferencia este tiempo deberá ser menor.

## Especificaciones de Materiales

Se describen las especificaciones que deben cumplir los materiales que serán utilizados en la composición del concreto y del pavimento rígido.

**Cemento:** El Cemento a utilizarse para la elaboración del concreto será preferentemente Portland de marca aprobada oficialmente, el cual deberá cumplir lo especificado en las normas NIC – 2000.

**Agregado Fino:** El agregado fino a utilizarse no deberá tener un tamaño máximo de 9.51mm, será el agregado fino para concreto de Cemento Portland, especificado por la NIC – 2000.

**Agregado Grueso:** El Agregado grueso será grava triturada totalmente con un tamaño máximo de 38 mm, la grava a utilizar será de acuerdo a las especificaciones de la NIC – 2000, para material grueso para concreto de Cemento Portland. El contenido de sustancia perjudicial en este no deberá exceder los porcentajes máximos permitidos.

**Agua:** El agua utilizada para la mezcla y curado del concreto, deberá estar limpia y exenta de material vegetal o cualquier otra sustancia química perjudicial para el correcto fraguado de la mezcla de modo que disminuya la resistencia del concreto.

**Concreto:** El diseño de la mezcla utilizando los materiales provenientes de los bancos ya tratados, serán responsabilidad del productor de concreto quien tiene la obligación de obtener la resistencia y todas las demás características para el concreto fresco y endurecido así como las características adecuadas para elaborar los acabados del Pavimento. Durante la construcción la dosificación de la mezcla de concreto hidráulico se hará en peso y su control durante la elaboración se hará bajo la responsabilidad exclusiva del proveedor, es conveniente que el suministro se realice por proveedores profesionales del concreto.

## ANEXO XXIII TABLA DE COMPARACIÓN DE COSTOS CON Y SIN PASAJUNTAS.

| SIN PASAJUNTAS   |             |   |                             |                        |           |            |                    |                   |                 |
|--|-------------|---|-----------------------------|------------------------|-----------|------------|--------------------|-------------------|-----------------|
| Item   | Descripción | Espesor de losa (pulg)                  | Ancho (m)                   | Largo (m)              | U/M       | Cantidad   | Costo estimado C\$ | Total C\$         | Total \$        |
| 1  | Concreto    | 7.5                                     | 6                           | 10000                  | m³        | 11430      | 4800               | 54864,000.00      | 1959428.571     |
| CON PASAJUNTAS   |             |   |                             |                        |           |            |                    |                   |                 |
| Item   | Descripción | Espesor de losa (pulg)                  | Ancho (m)                   | Largo (m)              | U/M       | Cantidad   | Costo estimado C\$ | Total C\$         | Total \$        |
| 1  | Concreto    | 7                                       | 6                           | 10000                  | m³        | 10668      | 4800               | 51206,400.00      | 1828800         |
| Diametro de 1pulg, largo de 0.46 m y separacion de 0.30m |             |   |                             |                        |           |            |                    |                   |                 |
| Item   | Descripción | Recorrido de pasajunta longitudinal(ml) | Recorrido de pasajunta (ml) | Cantidad de pasajuntas | Acero(ml) | Acero (kg) | Costo estimado C\$ | Total C\$         | Total \$        |
| 2  | Acero #8    | 10000                                   | 25000                       | 83333.33               | 38333.33  | 152336.67  | 44.19              | 6731757.30        | 240419.9036     |
| 3  | Acero #2    |   | 144166.6649                 |                        | 144166.66 | 35897.5    | 39.08              | 1402874.283       | 50102.65296     |
| TOTAL  |             |   |                             |                        |           |            |                    | 59341,031.58      | 2119322.557     |
| TOTAL SIN PASAJUNTAS                                     |             |   |                             |                        |           |            |                    | 54864,000.00      | 1959428.571     |
| TOTAL CON PASAJUNTAS                                     |             |   |                             |                        |           |            |                    | 59341,031.58      | 2119322.557     |
| DIFERENCIA   |             |   |                             |                        |           |            |                    | C\$ (4477,031.58) | \$ (159,893.99) |

FUENTE: ELABORACION PROPIA

### COMPROBACIÓN CON EL PROGRAMA NO USANDO PASAJUNTAS

BS-PCA - DISEÑO PAVIMENTOS RIGIDOS PCA

Opciones Sensibilidad Terminar

Resistencia K del Apoyo : 245 **PCI (lb/pulg3)**

Espesor de la Losa : 7.5 **pulgadas**

Módulo de Rotura Losa : 640.1 **PSI (lb/pulg2)**

☒ Con Bermas ☐ Con Pasadores

TRANSITO: **KIPS**

Factor de Seguridad Carga : 1.1

Factor de Mayoración de Repeticiones : 1

Ejes Sencillos Ejes Tandem Ejes Tridem

Total Consumo Esfuerzo (%) : 0

Total Consumo Erosión (%) : 61.0797

Calcular Imprimir Salir

### COMPROBACIÓN CON EL PROGRAMA USANDO PASAJUNTAS

BS-PCA - DISEÑO PAVIMENTOS RIGIDOS PCA

Opciones Sensibilidad Terminar

Resistencia K del Apoyo : 245 **PCI (lb/pulg3)**

Espesor de la Losa : 7 **pulgadas**

Módulo de Rotura Losa : 640.1 **PSI (lb/pulg2)**

☒ Con Bermas ☒ Con Pasadores

TRANSITO: **KIPS**

Factor de Seguridad Carga : 1.1

Factor de Mayoración de Repeticiones : 1

Ejes Sencillos Ejes Tandem Ejes Tridem

Total Consumo Esfuerzo (%) : 18.7356

Total Consumo Erosión (%) : 14.3244

Calcular Imprimir Salir